В. М. Гуткин



Применение транзисторов в телевизионных схемах



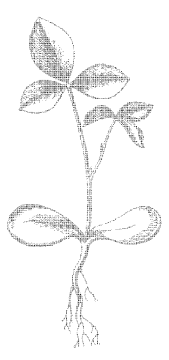
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 608

В. М. ГУТКИН

ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНЗИСТОРОВ В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СХЕМАХ





ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1966 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.397.62 : 621.382.3
Г 97

Изложены принципы построения телевизоров на транзисторах. Рассмотрены особенности применения транзисторов во всех основных узлах телевизора. Дается краткий анализ схемных решений и методика расчета основных узлов радиоканала.

Книга предложена для радиолюбителей, знакомых с основами телевидения и полупроводниковой электроники.

Гуткин Владимир Михайлович

Применение транзисторов в телевизионных схемах

М.—Л., изд-во «Энергия», 1966.

80 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 608).
Сводный тематический план «Радиоэлектроника и связь», № 195, 1965

Редактор С. А. Ельяшкевич *Техн. редактор Т. Г. Усачева*

Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 12/II-1966 г. Подписано к печати 12/V-1966 г.
Т-07124 Бумага типографская № 2 84×108¹/₃₂ Печ. л. 4,2 Уч.-изд л. 4,76
Тираж 75.000 экз. Цена 19 коп Заказ 363

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Г. Владимир, ул. Победы, д. 18-б

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последнее время сильно возрос интерес к телевизионным приемникам на транзисторах. Объясняется это тем, что транзисторный телевизор имеет ряд преимуществ по сравнению с ламповым. Мощность, потребляемая им, составляет примерно 10—40 *вт*, т. е. в 5—8 раз меньше, чем ламповым. Транзисторный телевизор с питанием от аккумуляторов можно использовать в местах, где отсутствует промышленная электрическая сеть, и на подвижных объектах. Срок службы современных транзисторов значительно больше срока службы электронных ламп. Эти и другие преимущества транзисторов привлекли к ним внимание крупнейших радиоэлектронных фирм.

Первый действующий образец телевизора, собранный полностью на отечественных полупроводниковых приборах, демонстрировался в 1958 г. на Всемирной выставке в Брюсселе. Широкая общественность оценила этот телевизор как большое достижение советских специалистов и телевизор был удостоен высшей награды «Гран-При».

Вскоре ряд американских, европейских и японских фирм показали на различных выставках разработанные ими образцы телевизоров и опубликовали их описания. Однако массовый выпуск транзисторных телевизоров сдерживался отсутствием в достаточном количестве необходимых транзисторов. Основная трудность заключалась в отсутствии серийных транзисторов для выходных каскадов телевизоров с широкоугольным кинескопом и для переключателя телевизионных каналов. Некоторые японские фирмы обошли эти трудности, выпустив на рынок переносные телевизоры с небольшим экраном (10—20 *см* по диагонали). Американские и европейские фирмы изготовили небольшое количество транзисторных телевизоров с большими размерами экрана. Однако в ряде случаев для выходных каскадов и других узлов этих телевизоров использовались экспериментальные транзисторы.

В настоящее время номенклатура полупроводниковых приборов и их качество настолько возросли, что позволяют применять их

почти во всех узлах телевизора. Промышленные предприятия нашей страны начали выпуск комбинированных телевизоров с частичным использованием транзисторов («Вечер», «Вальс») и телевизоров, собранных полностью на полупроводниковых приборах («Юность»). Начали появляться и радиолюбительские конструкции транзисторных телевизоров.

Основное назначение данной книги — популяризация транзисторных телевизоров. С этой целью в ней рассматриваются схемы основных узлов некоторых отечественных и зарубежных телевизоров и приводится методика их расчета.

В. Гуткин

Глава первая

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ СХЕМ НА ТРАНЗИСТОРАХ

ВЫБОР ТИПА ТРАНЗИСТОРА

Выбор типа транзистора определяется характером узла телевизора и требованиями к его выходным электрическим параметрам. Нужно учитывать выходную мощность, величину и характер нагрузки, выходные характеристики источника сигнала, частотный и температурный диапазон и т. п. На основании этих данных по справочной литературе определяется тип транзистора, удовлетворяющий поставленным требованиям.

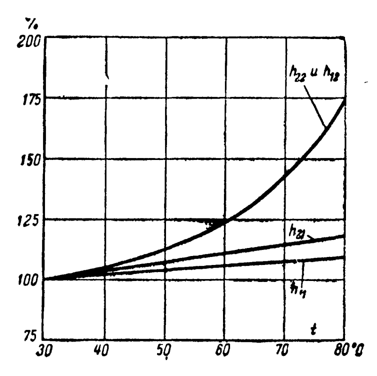


Рис. 1. Зависимость h-параметров транзистора от температуры в схеме с общей базой.

При проектировании транзисторных схем необходимо учитывать большой разброс параметров транзисторов для одной и той же группы. Следует иметь в виду, что сильная зависимость параметров от температуры — специфическая особенность транзисторов, обусловленная физическими свойствами полупроводниковых материалов. Например, обратный ток коллекторного перехода $I_{К0}$ в германиевых транзисторах возрастает примерно в 2, а в кремниевых в 2,5—3 раза на каждые 10° С. Значительно меняются в диапазоне температур и h-параметры (рис. 1).

При расчете каскада на транзисторе необходимо учитывать температурный режим работы внутри телевизора. Это особенно важно в выходных узлах телевизора. строчной и кадровой развертке, а также в видеоусилителе и усилителе низкой частоты. Следует помнить, что максимальная температура перехода германиевых транзисторов составляет примерно +85° С, а кремниевых +150° С. Кремниевые

приборы допускают работу при более высоких температурах, но по сравнению с германиевыми имеют пониженный коэффициент усиления при низких температурах. Кремниевые транзисторы могут применяться при работе с малыми значениями I_{K0}. Однако уровень шумов у кремниевых транзисторов больше, чем у германиевых.

Параметры транзисторов зависят также от режима питания. Наиболее сильно меняется коэффициент усиления в области малых токов. Поэтому недопустимо применение мощных транзисторов при токах, сравнимых с неуправляемыми обратными токами. Следует также учитывать изменения параметров транзисторов в процессе хранения и эксплуатации. Наиболее существенно изменение параметров I_{K0} и β (коэффициент усиления в схеме с общим эмиттером).

Для компенсации дрейфа рабочей точки следует вводить цепи стабилизации и широко использовать отрицательную обратную связь.

ВЫБОР СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ

Для включения транзистора по переменному току можно использовать одну из трех схем: с общей базой (ОБ), с общим эмиттером (ОЭ) или общим коллектором (ОК).

Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки. Схема с ОБ имеет малое входное и большое выходное сопротивление, коэффициент усиления по току $K_т<1$. Эта схема обладает наилучшими частотными свойствами и хорошей линейностью выходных вольтамперных характеристик.

Схема с ОЭ имеет входное сопротивление примерно на порядок большее, чем схема с общей базой, достаточно большое выходное сопротивление и коэффициент усиления по току $K_т>1$.

Схема с ОК имеет большое входное и малое выходное сопротивление. Предельное напряжение на коллекторе такое же, как и в схеме с ОЭ. Основные характеристики этих трех схем определяют выбор схемы включения в зависимости от требований, предъявляемых к конкретным узлам.

Например, схема с ОБ применяется в схемах генераторов и усилителей высокой и промежуточной частот, т. е. в тех случаях, когда необходимы высокая стабильность, хорошие частотные свойства и можно пренебречь малым входным сопротивлением и низким коэффициентом усиления по току ($\alpha<1$).

Схема с ОЭ применяется, когда необходимо получить наибольшее усиление по мощности. Она используется в усилителях промежуточной и низкой частоты, в видеоусилителях и других подобных схемах.

Схема с ОК используется в качестве согласующего каскада для получения большого входного сопротивления и для согласования оконечного каскада с низкоомной нагрузкой.

ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ

Выбор схемы включения транзистора по постоянному току и способ подачи смещения на электроды транзистора определяются особенностями применяемых схем. Например, если рассчитывается

усилитель, работающий в режиме A, то положение рабочей точки определяется амплитудой входного сигнала. Смещение на электродах транзистора должно быть выбрано таким образом, чтобы при максимальном входном сигнале мгновенные значения коллекторного напряжения или тока оставались в пределах усилительной области I

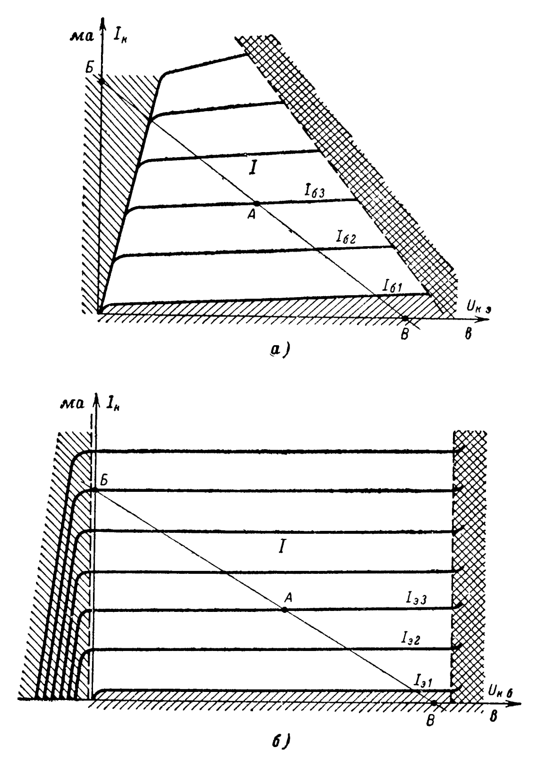


Рис. 2. Области работы транзистора.
а — схема с общим эмиттером; *б* — схема с общей базой.

(рис. 2). Линия нагрузки пересекает ось напряжения в точке *В*, соответствующей напряжению источника питания, и ось токов в точке *Б*, определяемой как точка максимального коллекторного тока для данной линии нагрузки Положение рабочей точки *А* определяется в случае схемы с ОЭ (рис. 2, *а*) током базы, в случае схемы с ОБ (рис. 2, *б*) током эмиттера.

Смещение транзисторного каскада по постоянному току может быть осуществлено от одного (рис. 3), либо от двух источников

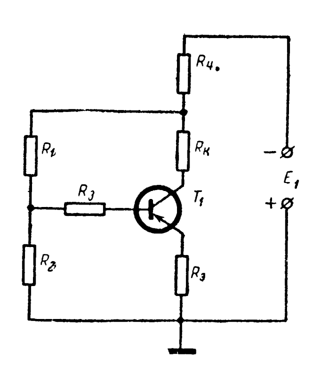


Рис. 3. Схема подачи смещения на транзистор от одного источника питания.

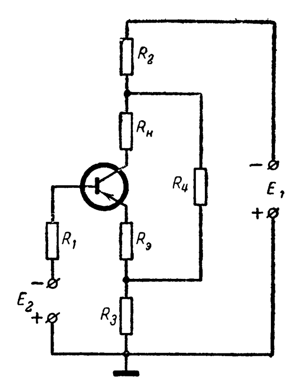


Рис. 4. Схема подачи смещения на транзистор от двух источников питания.

питания (рис. 4). Схема включения с двумя источниками питания обеспечивает получение более стабильного режима работы транзистора в широком диапазоне температур. Но два источника усложняют схему и создают неудобства при монтаже.

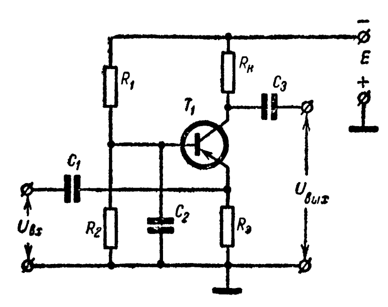


Рис. 5. Включение транзистора по постоянному току в схеме ОЭ, а по переменному току в схеме ОБ.

Схема с одним источником питания допускает введение различного рода отрицательных обратных связей по постоянному току. Для увеличения стабильности этой схемы в цепь эмиттера включается резистор, используется низкоомный делитель в цепи базы. В обоих этих случаях транзистор по постоянному току можно включить в любую из трех известных схем включения (ОБ, ОЭ, ОК).

Применение разделительных и шунтирующих емкостей позволяет осуществить при любой схеме включения по постоянному току любую схему по переменному току. В качестве примера на рис. 5 приведена схема с одним источником питания, включенная по постоянному току в схеме с ОЭ, а по переменному току — с ОБ.

СТАБИЛИЗАЦИЯ РАБОЧЕЙ ТОЧКИ

Одним из важнейших вопросов, возникающих при конструировании транзисторных схем, является поддержание стабильного положения рабочей точки при колебаниях температуры окружающей

среды и при изменении величин входного и выходного сигналов. Кроме того, на положение рабочей точки влияют: разброс параметров транзистора по усилению и величине обратных токов, а также изменения параметров транзисторов в процессе старения.

С помощью данных, приведенных в табл. 1, можно предварительно оценить наиболее вероятные изменения основных параметров транзистора.

Таблица 1

Параметр	Наиболее вероятные изменения параметров по сравнению с приведенными в справочниках
$I_{к0}$ $I_{э0}$	Может возрасти вдвое по сравнению с максимальным значением при повышенной температуре
$\beta_{ст}$ β	Может изменяться от 0,5 минимального значения до удвоенного максимального значения
f_α f_β	Может снизиться до 0,5 от минимального значения
$C_{вых.э}$ $C_{вых.б}$	Может изменяться от 0,5 минимального значения до удвоенного максимального значения
$r'_б$	Может изменяться от 0,5 минимального значения до 1,5 максимального значения
$r_{вх}$ $r_{вых}$	Может изменяться от 0,5 минимального значения до удвоенного максимального значения
$R_{нас}$	Может возрасти до удвоенной максимальной величины

Стабильность положения рабочей точки в основном определяется следующими факторами:

1. Величиной минимального и максимального значения коэффициента усиления по току ($\beta_{ст}$), выбранного по справочнику.

2. Изменениями коэффициента усиления по току в зависимости от температуры и продолжительности работы.

3. Изменениями обратного тока коллектора ($I_{к0}$) в зависимости от температуры.

4. Изменениями напряжения между базой и эмиттером $U_{б.э}$ в зависимости от температуры. При нормальной температуре ($t=20°$ C) значение $U_{б.э}$ составляет примерно 0,25 *в* для германиевых и 0,7 *в* для кремниевых транзисторов.

5. Разбросом сопротивлений резисторов, используемых в цепи смещения.

6. Нестабильностью напряжения источника питания.

Для обеспечения работоспособности схемы в диапазоне температур необходимо предусмотреть стабилизацию режима по постоянному току. Наилучшие результаты, как уже упоминалось выше, получаются при использовании схем с двумя раздельными источниками питания. В схеме с одним источником питания хорошие результаты дает применение отрицательной обратной связи по току.

Коэффициент нестабильности S определяется по формуле

$$S = 1 + \frac{\alpha R'_б}{(1-\alpha) R'_б + R'_э},$$

где $R'_б$ и $R'_э$ — соответственно эквивалентные сопротивления в эмиттерной и базовой цепях.

Приравнивая нулю или бесконечности соответствующие сопротивления резисторов в схемах (рис 3 и рис 4), можно получить любую из возможных схем питания транзистора по постоянному току и соответственно формулу для коэффициента нестабильности S.

Сопротивление резистора в цепи базы увеличивает нестабильность схемы во всех случаях. Это сопротивление нужно снижать.

Резистор в цепи эмиттера $R_э$ уменьшает нестабильность за счет отрицательной обратной связи по току. Его включение желательно (особенно в схемах усилительных каскадов), при этом сопротивление $R_э$ должно быть по возможности большим.

При питании с одним источником получили широкое распространение четыре схемы (см. рис. 3): 1) схема без обратных связей по напряжению и току ($R_4 = R_э = 0$, $R_2 = \infty$), коэффициент нестабильности ее равен $\beta + 1$ (схема чувствительна к смене транзисторов); 2) схема с обратной связью по току ($R_3 = R_4 = 0$); 3) схема с обратной связью по напряжению ($R_2 = \infty$, $R_э = R_3 = R_к = 0$); 4) комбинированная схема с обратными связями как по току, так и по напряжению ($R_4 = R_к = 0$). Наиболее стабильна последняя схема.

При питании от двух раздельных источников наиболее распространена схема с резисторами в цепях эмиттера и коллектора. Эта схема наиболее стабильна из всех существующих схем и имеет коэффициент нестабильности $S = 1$.

Необходимо иметь в виду следующее: для схемы с одним источником при $S \to 1$ входное сопротивление и усиление каскада падают. При высоких требованиях к стабильности рекомендуется брать $S = 1{,}5 \div 2$. В радиолюбительской практике приемлемый S лежит в пределах 2—5.

Более высокие результаты могут быть получены при применении терморезисторов. Терморезистор обычно включается параллельно резистору R_2 (см. рис. 3).

Коэффициент нестабильности может быть в этом случае $S < 1$ и даже, если потребуется, отрицательным. Схемы с применением терморезисторов обладают более высокими к. п. д., входным сопротивлением и усилением по сравнению с обычными схемами термостабилизации и могут быть использованы для стабилизации в более широком диапазоне температур. Однако этот способ не всегда применяется, так как характеристики терморезисторов имеют большой разброс. В качестве термозависимого элемента может быть использован также обратно-смещенный полупроводниковый диод.

Коэффициент нестабильности S определяет сдвиг рабочей точки при изменении температуры. Для приближенного определения коэффициента нестабильности S можно ограничиться дестабилизирующим влиянием обратного тока коллектора ($I_{ко}$).

Тогда $S \approx \dfrac{\Delta I_к}{\Delta I_{ко}}$.

Зная S и изменение тока $I_{КО}$ с температурой ($\Delta I_{КО}$), можно найти изменение тока коллектора $\Delta I_К$. Тогда

$$\Delta U_К = \Delta I_К(R_К + R_э).$$

Таким образом, при изменении температуры рабочая точка ($I_К$, $U_К$) изменяется ($I_К + \Delta I_К$, $U_К + \Delta U_К$).

При большой величине S схема будет чувствительна к разбросу транзисторов по $I_{КО}$. Если $S=1+\beta$, то коэффициент нестабильности каскада зависит и от разброса по β Изменение S при смене транзисторов будет приводить к изменению режима работы каскада (точка покоя будет изменяться). Как видно из приведенных выше формул, особенно сильно будет изменяться рабочая точка при относительно высокоомной нагрузке, небольшие изменения $I_К$ будут приводить к большим изменениям $U_К$ Они будут заметно сказываться в усилительных каскадах при полном использовании каскада по напряжению. Небольшое изменение положения рабочей точки приведет к изменению усиления и к появлению нелинейных искажений. Стабилизация режима в данном случае крайне важна.

Итак, стабильное положение рабочей точки можно обеспечить: а) применением низкоомного делителя в цепи базы; б) включением второго источника питания; в) применением терморезисторов; г) применением отрицательной обратной связи.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ТРАНЗИСТОРОВ

При использовании транзисторов в ряде схем, например в схемах переключателей, напряжение источника питания превышает иногда предельное для транзистора значение напряжения. В этом случае целесообразно применить последовательное включение транзисторов (рис 6). Так как при последовательном соединении через них протекает один и тот же ток, то, следовательно, для равенства мощностей необходимо обеспечить равенство напряжений. Это можно осуществить включением шунтирующих резисторов $R_ш$ или шунтирующих конденсаторов. В целях повышения надежности желательно применять транзисторы с малым разбросом по β, $I_{КО}$ и $R_{нас}$ и можно снижать среднюю величину напряжения, приходящуюся на один транзистор, путем увеличения числа последовательно соединенных транзисторов.

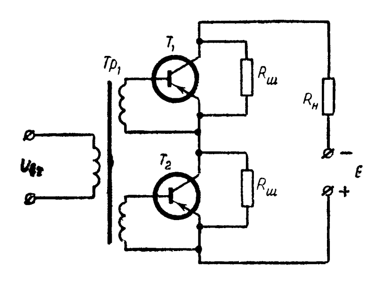


Рис. 6. Схема последовательного соединения транзисторов.

Когда требуется получить в нагрузке больший ток, чем допускают наиболее мощные транзисторы, может быть применено параллельное включение транзисторов (рис. 7).

При параллельном включении необходимо создать равномерное распределение мощностей рассеивания между транзисторами (токи

коллекторов должны быть примерно одинаковыми). Если это условие не выполнено, то один из транзисторов будет нагреваться больше, чем другой (или другие, если параллельно включено несколько транзисторов), и может выйти из строя. В этом случае нагрузка, приходящаяся на остальные транзисторы, возрастает и весь узел может выйти из строя. Чтобы этого не произошло, необходимо применять симметрирование.

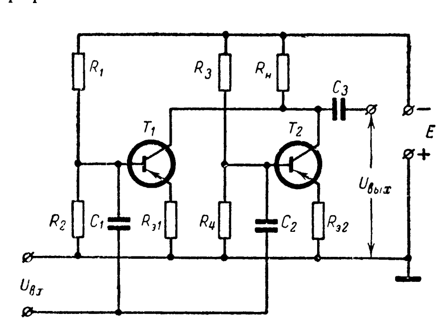


Рис. 7. Схема параллельного соединения транзисторов.

Наилучшим способом симметрирования является включение одинаковых резисторов в эмиттерные цепи транзисторов. Сопротивление $R_э$ определяется из выражения

$$R_э = \frac{S_{0\,макс} - S_{0\,мин}}{S_{0\,мин} S_{0\,макс}} \left(\frac{I_к}{\Delta I_к} - \frac{S_{0\,мин}}{S_{0\,макс} - S_{0\,мин}} \right),$$

где $S_{0\,мин}$ и $S_{0\,макс}$ — минимальное и максимальное значения крутизны транзисторов.

Этот способ позволяет получить хорошую термостабилизацию всех транзисторов и полную взаимозаменяемость их. Но при этом происходит уменьшение усиления по мощности из-за потерь на сопротивлениях обратной связи

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА

Большое значение для работоспособности транзисторных узлов имеют правильное крепление и подсоединение транзисторов к схеме.

С целью сохранения герметичности изгиб выводов транзистора должен производиться так, чтобы отсутствовала их деформация у стеклянного изолятора. Для уменьшения нагрузки на изоляторы применяют разгрузочные шайбы.

Для облегчения теплового режима маломощных транзисторов обеспечивают свободное прохождение воздуха путем правильного выбора конструкции Не рекомендуется располагать транзисторы вблизи нагревающихся элементов схемы (лампы, трансформаторы), а также в сильном поле постоянных магнитов или мощных транс-

форматоров (дросселей). В этом случае на выводы транзистора, помещенного в магнитном поле, при прохождении тока действуют механические силы, которые могут привести к повреждению его. В случае использования мощных транзисторов применяются теплоотводы (шасси телевизора или специальные теплоотводящие радиаторы различной конфигурации).

Пайку выводов транзисторов рекомендуется проводить на расстоянии не менее 5—10 *мм* от корпуса. При монтаже рекомендуется использовать теплоотвод между корпусом транзистора и местом пайки (плоскогубцы, пинцет). В ряде случаев повреждается изоляция между спиралью нагрева и корпусом паяльника В этом случае жало паяльника находится под напряжением сети. Пайка таким паяльником может привести к порче транзисторов. Во избежание этого рекомендуется пользоваться низковольтным (26 или 36 *в*) паяльником и, кроме того, корпус его целесообразно соединить с металлическим листом, на котором и надо производить монтаж узла. Время пайки выводов транзистора должно быть минимальным.

ОСОБЕННОСТИ НАЛАЖИВАНИЯ СХЕМ

Перед началом налаживания схемы необходимо тщательно изучить технические условия (или данные справочников) на применяемые транзисторы, с тем, чтобы не превышать предельные значения параметров ($U_к$, $I_к$, $U_{э.б}$, $P_{макс}$). Необходимо помнить, что с ростом температуры параметры транзисторов изменяются, а значения предельных параметров резко снижаются.

Не рекомендуется проверять транзисторы с помощью омметра, так как многие из них дают напряжение и ток большей величины, чем предельные значения транзисторов.

Перед подключением схемы к источнику питания следует проверить полярность источника питания. Даже кратковременное подключение источника питания с обратной полярностью может вызвать пробой *p-n* перехода транзистора При налаживании схемы следует контролировать напряжение источника питания и ток потребления. При этом не рекомендуется использовать вольтметры с низкоомным входом. Желательно применять высокоомные катодные вольтметры.

При налаживании схем необходимо следить за тем, чтобы выходное напряжение (мощность) генераторов было меньше, чем предельное входное напряжение $U_{э.б}$ (например, для транзисторов типа П418 $U_{э.б}=0{,}3$ *в*).

Глава вторая

БЛОК-СХЕМА ТЕЛЕВИЗОРА

Функциональная схема современного транзисторного телевизора показана на рис. 8 Она мало чем отличается от подобной схемы лампового телевизора.

Телевизор состоит из 11 узлов, выполняющих различные функции. Почти во всех узлах, за исключением выходных цепей строч-

ной развертки, кадровой развертки и блока питания, могут быть использованы транзисторы малой и средней мощности. В усилителях высокой и промежуточной частоты, а также в первом каскаде видеоусилителя применяются маломощные высокочастотные транзисторы (ГТ313), причем для первого каскада ПТК (УВЧ) желательно иметь транзистор с низким уровнем шумов. Для оконечного каскада видеоусилителя могут быть использованы транзисторы типа КТ312 или П502, П503 (высоковольтная группа).

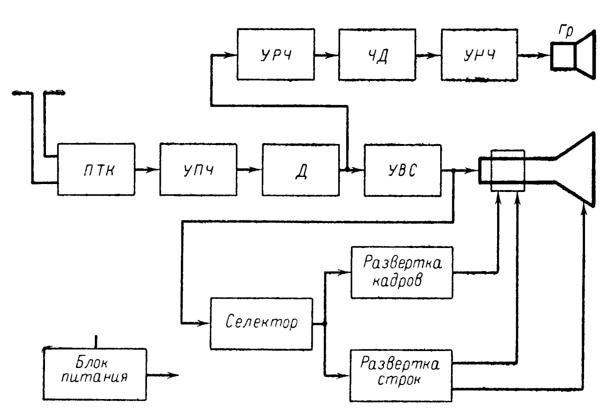


Рис. 8. Типовая функциональная схема телевизора.

В усилителе разностной частоты могут использоваться транзисторы типа ГТ308, П401—П403, П416.

В предварительных каскадах усилителя низкой частоты могут использоваться транзисторы типа П16, П14, П15. В оконечном каскаде УНЧ для получения выходной мощности порядка 0,5—1 *вт* нужны транзисторы средней мощности ГТ403. При их отсутствии можно строить выходной каскад по двухтактной схеме с использованием транзисторов типа П16 и им подобных Для предварительных каскадов кадровой и строчной развертки могут быть использованы маломощные низкочастотные транзисторы. Для выходного каскада кадровой развертки нужны транзисторы типа П201—П203, П601—П602. А для выходного каскада строчной развертки желательно иметь транзистор с достаточно большим напряжением $U_{к\,э}$ и малым временем переключения (КТ 801, КТ 802). Для блока питания необходимы маломощный и мощный низкочастотные транзисторы.

В настоящее время отечественной промышленностью освоена широкая номенклатура полупроводниковых приборов, характеристики и параметры которых опубликованы в справочниках.

Ориентировочный расчет радиоканала телевизора обычно начинают с выбора кинескопа. В современных телевизорах используются кинескопы с углами отклонения 70, 90 и 110° (114°). Размеры экранов портативных телевизоров очень разнообразны: от маленьких 2-дюймовых («Safari») до 19-дюймовых («Astronaut»).

Глава третья

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ КАНАЛОВ

Переключатель телевизионных каналов (ПТК) представляет собой функциональный узел, который предназначен для выбора сигналов принимаемого канала из общего спектра частот, поступающих на вход телевизора. Помимо этого, задачей ПТК являются согласование входа телевизора с антенной, получение заданного усиления при максимально возможном отношении сигнал/шум, обеспечение возможности подстройки частоты гетеродина на каждом из телевизионных каналов.

В современных телевизионных приемниках чувствительность, ограниченная шумами, лежит в пределах 50—100 *мкв*, а в ряде случаев увеличивается до 30—50 *мкв*.

Широкий диапазон принимаемых частот (по отечественному стандарту 49—230 *мгц* в диапазоне метровых волн и 470—622 *мгц* в диапазоне дециметровых волн) и значительная величина верхней граничной частоты принимаемого диапазона обусловливают особые требования к транзисторам, применяемым в ПТК. Они должны иметь частоту среза значительно выше верхней граничной частоты принимаемого диапазона и обладать высоким усилением по напряжению и мощности. При этом форма частотной характеристики УВЧ не должна сколько-нибудь существенно изменяться при переходе с канала на канал Для обеспечения достаточного отношения сигнал/шум транзистор в УВЧ должен иметь малый уровень собственных шумов.

Особые требования предъявляются к транзистору, используемому в схеме гетеродина. Частота гетеродина должна мало изменяться при изменении температуры окружающей среды, напряжения источника питания и при переключении с канала на канал.

Транзистор в схеме смесителя должен иметь достаточное усиление на промежуточной частоте.

ПТК ДЕЦИМЕТРОВЫХ ВОЛН

Для осуществления всеволнового приема необходимо иметь в телевизоре два ПТК: один для метровых, а другой для дециметровых волн. Следует отметить, что перевод ПТК дециметрового диапазона на полупроводниковые приборы происходит значительно быстрее, чем ПТК метрового диапазона. Это объясняется тем, что выигрыш в повышении чувствительности, не ограниченной уровнем шумов, получаемый за счет применения полупроводниковых приборов, более значителен в диапазоне дециметровых волн. Интересно отметить также тот факт (что ряд зарубежных фирм, производящих ламповые телевизоры, оснащает их полупроводниковыми ПТК дециметровых волн в сочетании с обычными ламповыми ПТК метровых волн.

Для диапазона дециметровых волн (ДЦВ) разработано большое количество блоков ПТК. Например, фирма «Grundig» разработала комбинированный ПТК с очень низким коэффициентом шума. В этом блоке в качестве предварительного каскада использован транзистор типа AF139, включенный по схеме с общей базой. Смеситель собран на диоде 1N82A, а гетеродин на лампе PC93. Другой вариант ПТК

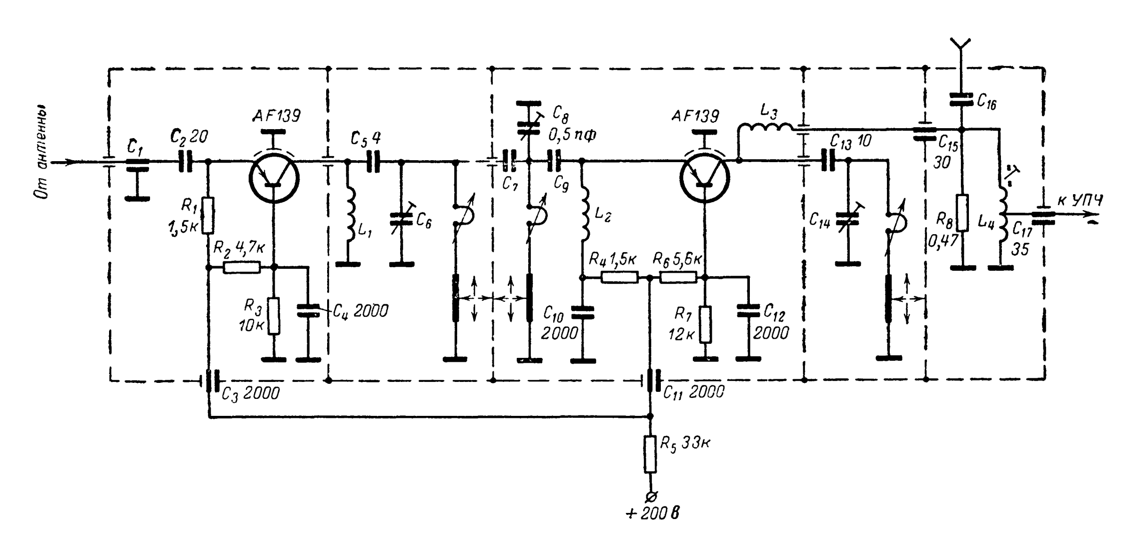


Рис. 9. Принципиальная схема ПТК дециметровых волн.

этой же фирмы, в котором лампа PC93 заменена транзистором AF139, имеет на частоте 470 *Мгц* среднее значение шумов ($F_{ш}$), равное 6 *дб*, а на частоте 790 *Мгц* — 11 *дб*. (На этих же частотах ламповые ПТК имеют коэффициент шума 12 и 20 *дб* соответственно.)

Принципиальная схема этого блока ПТК приведена на рис. 9. Как видно, в УВЧ этого блока используется транзистор AF139, включенный по схеме с общей базой. Нагрузкой транзистора служит полосовой фильтр с индуктивной плавной настройкой Другой транзистор AF139, также включенный по схеме с общей базой, используется в качестве преобразователя с таким же принципом настройки. Преобразователь совмещает функции гетеродина и смесителя. Этот блок благодаря удачному конструктивному расположению в ламповом телевизоре мало нагревается. Нагрев не превышает 10°С по отношению к температуре окружающей среды, при этом уход частоты гетеродина составляет примерно 150 *кгц*. Питание блока от источника анодного напряжения порядка 200 *в* обеспечивает хорошую стабилизацию. Уход частоты гетеродина при изменении напряжения питания на 10% не превышает 150 *кгц*.

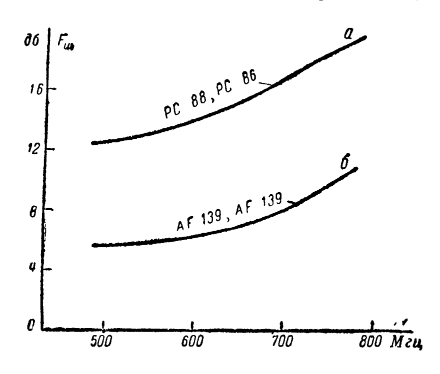


Рис. 10. Зависимость шумов ПТК от частоты.

а — в ламповом ПТК; *б* — в транзисторном ПТК.

На рис. 10 для сравнения показаны графики зависимости фактора шума от частоты для этого блока и блока ПТК на электронных лампах PC88 (УВЧ) и PC86 (преобразователь). Еще лучшие результаты можно получить с помощью транзисторов AFY25 (УВЧ) и AEY26 (преобразователь). Основные параметры этих транзисторов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Транзисторы		
			AF139	AFY26	AEY25
Граничная частота	$f_т$	*Мгц*	—	1 600	1 800
Коэффициент шума на частоте f	$F_ш$	*дб*	7,5 f=800 *Мгц*	7,0 f=1 000 *Мгц*	5,6 f=1 000 *Мгц*
	$F_ш$	*дб*	6 f=500 *Мгц*	6,2 f=600 *Мгц*	5,1 f=600 *Мгц*

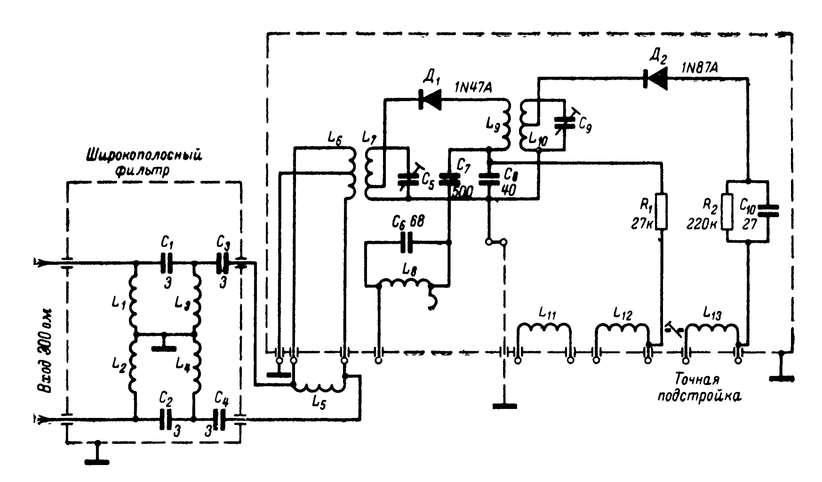


Рис. 11. Конвертер дециметровых волн телевизора «Astronaut».

Следует упомянуть еще об одной оригинальной схеме. Для приема телевизионных передач в дециметровом диапазоне волн, к ПТК метрового диапазона подключается специальный конвертер (рис. 11). В нем применено только два диода. На входе его включен согласующий трансформатор. Катушка L_8 настраивается короткозамкнутым витком. Этот конвертер совместно с ПТК позволяет осуществить прием в диапазоне частот 470—890 *Мгц*, имеет усиление порядка 25 *дб* и коэффициент шума менее 15 *дб*.

ПТК МЕТРОВЫХ ВОЛН

Функциональная схема современного ПТК, работающего в диапазоне метровых волн, приведена на рис. 12. Блок состоит из трех каскадов: УВЧ, смесителя и гетеродина

Несущие частоты сигналов изображения и звукового сопровождения поступают из антенны на вход УВЧ, характеристика которого имеет избирательный характер. Усилитель высокой частоты усиливает приходящие сигналы и подает их на смеситель. Сюда же поступает сигнал гетеродина. За счет биений, возникающих на нелинейном участке характеристики смесителя, на выходе блока ПТК образуются промежуточные частоты сигналов изображения и звука:

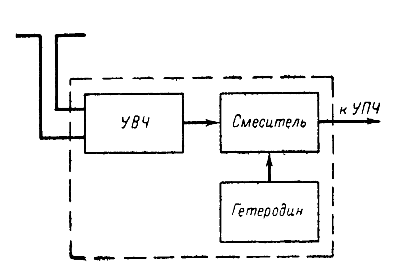


Рис. 12. Функциональная схема ПТК метровых волн.

$$f_{\text{ПЧ из}} = f_{\text{г}} - f_{\text{нес.из}};$$

$$f_{\text{ПЧ зв}} = f_{\text{г}} - f_{\text{нес.зв}},$$

где $f_{ПЧ\ из}$ и $f_{нес.из}$ — соответственно промежуточная и несущая частоты сигналов изображения; $f_г$ — частота гетеродина, а $f_{ПЧ\ зв}$ и $f_{нес.зв}$ — промежуточная и несущие частоты сигналов звукового сопровождения.

УСИЛИТЕЛЬ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Качество каскада УВЧ определяется в основном усилением, шумовыми свойствами, величиной входной и выходной проводимости и их зависимостью от частоты.

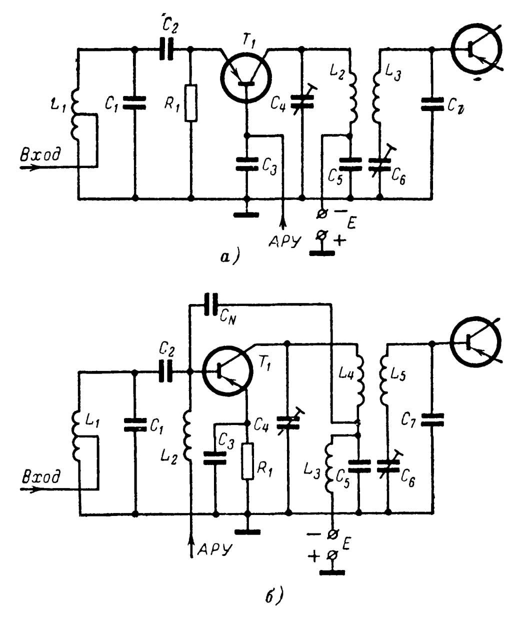


Рис. 13. Общий вид построения каскада УВЧ.
а — схема с общей базой; *б* — схема с общим эмиттером.

Из трех известных схем включения транзистора для УВЧ нашли применение две схемы: схема с ОБ и схема с ОЭ. Схема с ОЭ имеет большее входное сопротивление и позволяет получить большее усиление по мощности, чем схема с общей базой Однако в этой схеме граничная частота примерно в β раз меньше, чем в схеме с общей базой, а для уменьшения влияния внутренней обратной связи требуется введение цепей нейтрализации. Коэффициент шума обеих схем примерно одинаков. В общем виде обе эти схемы приведены на рис. 13.

Проектировать УВЧ нужно, учитывая следующие данные ПТК: чувствительность должна быть примерно 50—100 *мкв*, коэффициент шума ПТК 10—12 *дб*, эквивалентная шумовая полоса составляет 1,2—1,4 диапазона усиливаемых частот, выходное сопротивление антенны R_A (обычно 300 или 75 *ом*).

Расчет УВЧ выполняется в следующем порядке:

1. Выбираем тип транзистора, удовлетворяющего рассмотренным выше требованиям

2. Выбираем схему включения транзистора.

3. Выбираем рабочий режим транзистора.

Исходя из максимального усиления по мощности и минимального уровня шумов, ток коллектора берется примерно равным 1—2 *ма*. Напряжение на коллекторе берется равным 3—6 *в*.

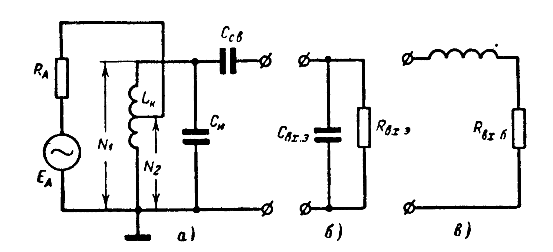


Рис. 14. Типовая входная цепь ПТК.

а — входная цепь; *б* — емкостное сопротивление транзистора, включенного по схеме с ОЭ, *в* — индуктивное сопротивление транзистора, включенного по схеме с ОБ.

4. Проводим расчет каскада по постоянному току. Сопротивление смещения в цепи базы выбирается с учетом коэффициента нестабильности, который должен быть $S<3$ при работе телевизора в диапазоне температур до +60° С.

5. Определяем основные параметры и характеристики транзистора для выбранной рабочей точки. Для этого можно предварительно определить параметры его по справочным данным в типовом режиме, а затем пересчитать их для выбранного режима. В случае отсутствия справочных данных можно определить характеристики транзистора путем непосредственного измерения их в заданном рабочем режиме.

6. Проводим расчет входного контура. Трудность расчета заключается в том, что входной контур состоит из сменной катушки индуктивности, которая меняется при переключении каналов и входного сопротивления транзистора, являющегося частотно-зависимой величиной. На рис 14 приведена типовая входная цепь схем с общим эмиттером и с общей базой.

Определяем полное входное и выходное сопротивление для выбранной схемы включения транзистора на верхней граничной частоте усиливаемого диапазона. Например, при измерении полных входных

и выходных сопротивлений транзистора П411 на частоте 200 *Мгц* получены следующие данные: входное сопротивление $r_{вх}=50$ *ом*, входная емкость $C_{вх}=6$ *пф*, выходное сопротивление $r_{вых}=100$ *ом*, выходная емкость $C_{вых}=2{,}5$ *пф*. Эти измерения произведены при включении транзистора по схеме с ОЭ при $U_К=5$ *в* и $I_К=1$ *ма*.

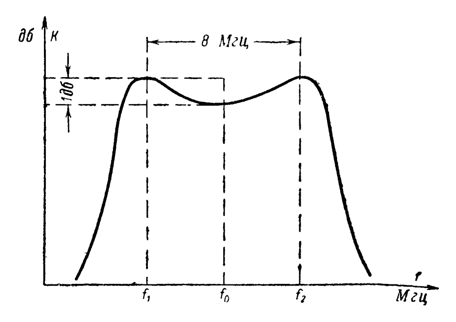


Рис. 15. Характеристика полосового контура междукаскадной связи.

Сначала выбираем емкость контура $C_К$. Значение этой емкости определяется конструкцией ПТК и лежит в пределах 5—10 *пф*. Затем определяем индуктивность контура $L_К$ из условия получения резонанса на выбранной частоте f_0. Вычисляем характеристическое сопротивление входного контура ρ. Определяем пересчитанное в контур шунтирующее сопротивление со стороны антенны и со стороны транзистора.

$$R_ш = R'_А = R'_{тр} = 2\rho \frac{Q_0 Q_н}{Q_0 - Q_н},$$

где $R'_А$ — пересчитанное в контур выходное сопротивление антенны;
$R'_{тр}$ — пересчитанное в контур входное сопротивление транзистора;
Q_0 — добротность ненагруженного контура;
$Q_н$ — добротность нагруженного контура.

Далее определяем коэффициент связи фидера антенны с контуром

$$m = \frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\frac{R'_А}{R_А}}$$

и определяем величину конденсатора связи $C_{св}$. $C_{св}$ обычно равно 4—8 *пф*.

7. Проводим расчет схемы связи УВЧ со смесителем. Характеристика полосового контура междукаскадной связи обычно имеет вид двугорбой кривой (рис. 15).

Задаемся шириной полосы пропускания Δf. Для 12-го канала Δf можно взять равным 10 *Мгц*. Определяем добротность нагруженного контура

$$Q_н = \frac{f_0}{\Delta f}.$$

Задаемся емкостью контура C_0. C_0 обычно берется равной 4—6 *пф*.

Определяем общую емкость (в пикофарадах) контура

$$C_{общ} = C_{вых} + C_0 + C_м,$$

где $C_м$ — емкость монтажа.

Индуктивность (в микрогенри) контура определяется из условия резонанса на средней частоте (в мегагерцах) рассчитываемого канала

$$L_к = \frac{25\,300}{C_{общ}\, f_0^2}.$$

Определяем коэффициент взаимной индукции M:

$$M = k\sqrt{L_1 L_2},$$

где k — коэффициент связи, равный примерно 0,35.

СМЕСИТЕЛЬ

Основные схемы включения транзистора в каскадах смесителя в общем виде приведены на рис. 16.

На рис. 16, *а* транзистор T_1 включен по схеме с общим эмиттером. Входной сигнал подается в базовую цепь через контур $L_1C_1C_2$, в то время, как сигнал гетеродина может быть подан либо в цепь эмиттера, либо в цепь базы. Сигналы промежуточных частот изображения и звука снимаются с контура, включенного в цепь коллектора.

На рис. 16, *б* и *в* показано включение транзистора по постоянному току в схеме с общим эмиттером, а по переменному — в схеме с общей базой. В этих схемах высокочастотный сигнал подается в цепь эмиттера, а напряжение гетеродина либо в цепь базы (рис. 16, *б*), либо — эмиттера (рис. 16, *в*).

В отличие от предыдущих схем питание транзистора на рис. 16, *в* по постоянному току осуществляется не по коллекторной цепи, а по эмиттерной от положительного полюса источника питания. Это позволяет освободить коллекторные цепи от гасящих резисторов и развязывающих конденсаторов.

ГЕТЕРОДИН

Гетеродин можно построить с помощью схем, приведенных на рис. 17 Наиболее часто применяется схема с емкостной связью (емкостная трехточка), так как ее легче выполнить конструктивно. По постоянному току транзистор можно включить по любой из трех схем: с ОБ, с ОЭ или с ОК. По переменному току чаще всего встречается схема с ОБ, так как она обеспечивает надежную генерацию в диапазоне высоких частот.

Практическая схема гетеродина показана на рис. 18. Гетеродин построен по схеме с емкостной связью. Транзистор включен по постоянному току по схеме с ОЭ с питанием эмиттерной цепи от положительного полюса батареи. Хорошая стабильность схемы при повышенной температуре ($S \approx 2$) достигается путем включения дели-

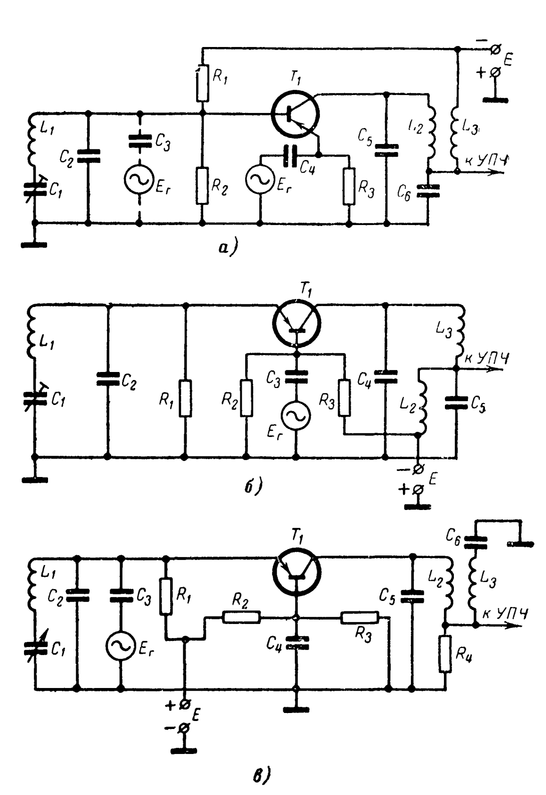


Рис. 16. Типовые схемы смесителя.

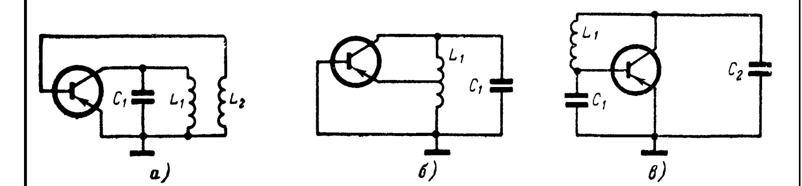


Рис. 17 Типовые схемы гетеродина.

а — с индуктивной связью; *б* — с автотрансформаторной связью, *в* — с емкостной связью.

теля из резисторов в цепь базы и резистора в цепь эмиттера. Мощность, подаваемая на смеситель от гетеродина, определяется величиной тока эмиттера гетеродина и должна составлять 100—300 *мквт*.

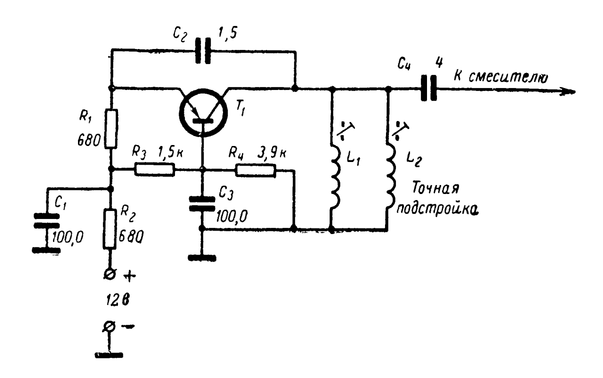


Рис. 18. Практическая схема гетеродина.

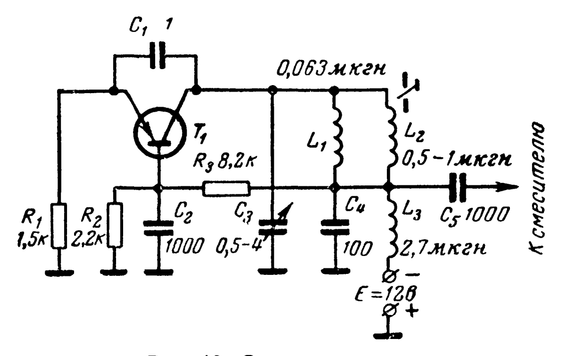


Рис. 19. Схема гетеродина.

Напряжение гетеродина может быть подано на смеситель различными путями. Если оно подается на тот же электрод смесителя, что и сигнал, то лучше всего снимать это напряжение с коллектора гетеродина через конденсатор малой емкости (рис. 18). Если же напряжение сигнала подается на один электрод смесителя, а напряжение гетеродина на другой, то его можно снять с нижней части катушки L_1 (рис. 19) через емкость $C_{\text{св}}$. Питание гетеродина по постоянному току удобнее осуществлять по эмиттерной цепи. В случае питания по коллекторной цепи необходимо последовательно с источником питания включать дополнительный дроссель, позволяющий улучшить развязку на высоких частотах. Общая емкость контура складывается из выходной емкости транзистора и емкости монтажа. При необходимости можно установить подстроечный триммер для компенсации изменений общей емкости, включенной параллельно индуктив-

ности контура. Индуктивность контура нетрудно подсчитать, если известна контурная емкость и частота гетеродина. В зависимости от принимаемого канала будет меняться частота гетеродина и соответственно индуктивность сменной катушки в его контуре. Точная подстройка частоты гетеродина может осуществляться либо за счет емкости, либо за счет индуктивности. На практике применяются оба вида подстройки.

ПРАКТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

Устройство переключателя телевизионных программ метровых волн удобно рассмотреть на примере ПТК телевизора «Astronaut» (рис. 20), собранного на трех транзисторах. Входной сигнал подводится к базе транзистора T_1 либо через 300-омный вход внешней антенны, либо с помощью 75-омной штыревой антенны. При приеме сигнала на симметричный 300-омный вход между выводами антенны и входом ПТК включается симметрирующий трансформатор. Для получения необходимой избирательности по промежуточной частоте на входе блока включены фильтры L_5C_1, L_6 и L_7C_4. Усилитель высокой частоты собран на транзисторе T_1, включенном по схеме с общим эмиттером. Входной сигнал подается на УВЧ с помощью сменных катушек индуктивности L_9, которые находятся в барабанном переключателе телевизионных каналов. Нагрузкой каскада служит контур, состоящий из индуктивности L_{10} и подстроечной емкости C_{14}.

Сигналы изображения и звука подаются на смеситель с помощью индуктивной связи $L_{10}L_{11}$. Смеситель собран на транзисторе T_2, включенном по схеме с ОБ. Входной контур смесителя состоит из индуктивности L_{11} и емкости C_{13}. Напряжение гетеродина подается на эмиттер смесителя с помощью емкостной связи через конденсатор C_{23}. Сигнал промежуточной частоты снимается со смесителя с помощью коаксиального кабеля. Для возможности проверки ПТК с коллектора смесителя выведена контрольная точка.

Гетеродин ПТК собран на транзисторе T_3, включенном по схеме с ОБ. Схема гетеродина представляет собой генератор с емкостной связью. Контур гетеродина образуют сменная индуктивность L_{12}, собственная емкость транзистора и конденсатор обратной связи C_{24}. Подстройка частоты гетеродина производится с помощью индуктивности L_{13}. Питание транзисторов ПТК осуществляется от положительного полюса источника питания по эмиттерным цепям, что позволяет разгрузить коллекторные цепи от индуктивностей, резисторов и развязывающих конденсаторов.

Другая схема ПТК на трех транзисторах приведена на рис. 21. Питающее напряжение (—12 *в*) подается здесь в коллекторные цепи транзисторов ПТК, который имеет следующие характеристики. Усиление по мощности с выхода антенны до выхода смесителя по промежуточной частоте составляет 29—35 *дб* на первом и 19—25 *дб* на третьем телевизионном канале. Уход частоты гетеродина при изменении напряжения источника питания на 1 *в* находится в пределах 100—150 *кгц*. При изменении температуры окружающей среды на $\pm 12^\circ$ С частота гетеродина поддерживается с точностью ± 200 *кгц*. При снижении напряжения батареи на 1 *в* усиление падает примерно на 0,5 *дб*. Коэффициент шума составляет примерно 6,5 *дб* на

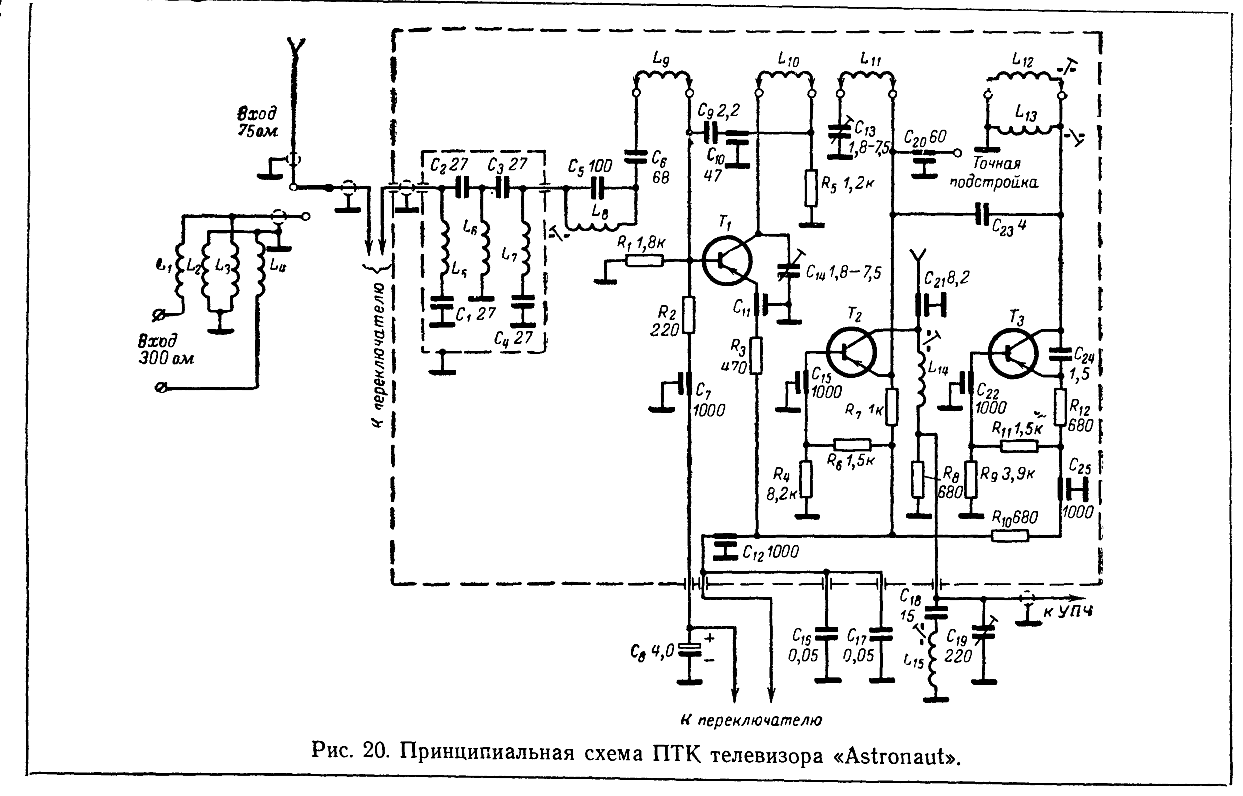


Рис. 20. Принципиальная схема ПТК телевизора «Astronaut».

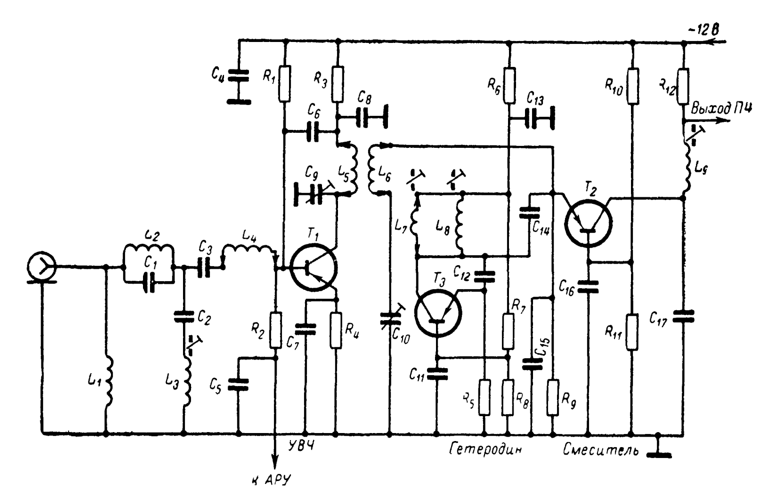


Рис. 21. Принципиальная схема ПТК.

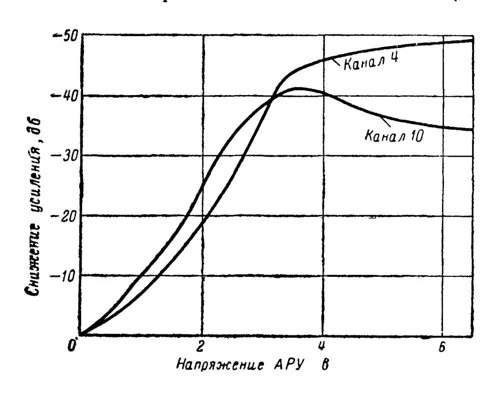


Рис. 22. Зависимости усиления ПТК на 4 и 10 каналах от напряжения АРУ.

первом и около 7,5 *дб* на третьем канале. Влияние напряжения АРУ на усиление ПТК на четвертом и десятом телевизионных каналах показано на рис. 22. На первом и третьем телевизионных каналах усиление снижается в соответствии с линейной областью характеристики АРУ. Так, при подаче напряжения АРУ величиной в 2 *в* усиление на этих каналах снижается на 20 *дб*.

На рис. 23 приведена схема 12-канального ПТКП телевизора «Юность». Он собран на трех транзисторах типа ГТ313Б. Транзистор T_1 выполняет функции УВЧ, транзистор T_2 — смесителя и транзистор T_3 — гетеродина.

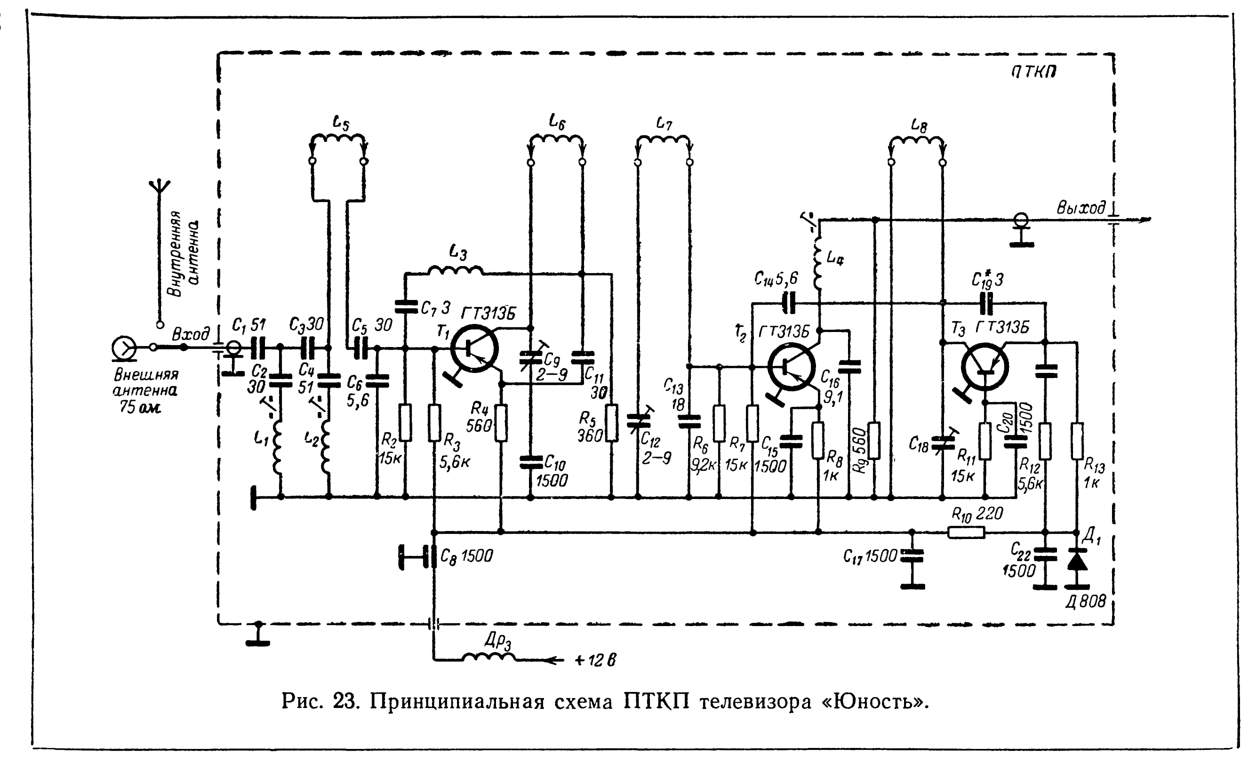


Рис. 23. Принципиальная схема ПТКП телевизора «Юность».

Сигнал на вход УВЧ подается либо от встроенной телевизионной антенны, либо от внешней. Собран УВЧ на транзисторе, включенном по схеме с ОЭ. В базовой цепи включен входной контур, состоящий из сменной катушки L_5 и конденсатора C_6. Для получения хорошей избирательности по промежуточной частоте между выходом антенны и входным контуром УВЧ включен фильтр $C_1C_2L_1C_3C_4L_2$. Нагрузкой УВЧ служит полосовой фильтр $L_6C_9C_{11}L_7C_{12}C_{13}$. Для уменьшения внутренней обратной связи применена нейтрализация L_3C_7.

Смеситель собран на транзисторе T_2 по схеме с ОЭ. Высокочастотный сигнал подается в базовую цепь смесителя с части нагрузки УВЧ — $L_7C_{12}C_{13}$. Сюда же через конденсатор C_{14} подается напряжение гетеродина. Нагрузкой смесителя служит одиночный контур L_4C_{16}, настроенный на среднюю частоту полосы пропускания (35 *Мгц*). Выходное напряжение снимается с резистора R_9.

Гетеродин собран по схеме с емкостной связью на транзисторе T_3. Для стабилизации напряжения питания включен стабилитрон Д808. Питание ПТК осуществляется от положительного полюса источника питания напряжением +12 *в*.

КОНСТРУКЦИЯ ПТК

Конструктивно транзисторные ПТК метровых волн похожи на ламповые, однако габариты их значительно меньше. Выбор принимаемого канала осуществляется также при помощи барабанного переключателя, в котором используется набор небольших дисков с расположенными на них сменными катушками индуктивности. Катушки подпаяны к грибовидным контактам, а их соединение со схемой ПТК осуществляется с помощью контактных пружин. Схема ПТК метрового диапазона волн собрана на деталях со сосредоточенными параметрами (резисторы, конденсаторы и т. п.).

В ПТК дециметрового диапазона волн могут быть использованы комбинации элементов с распределенными и сосредоточенными параметрами. Например, настраиваемые коаксиальные линии, индуктивности выводов, индуктивности на печатных платах, емкости монтажа и др.

Для уменьшения влияния внешних наводок и снижения коэффициента шума в ПТК используются транзисторы с баллоном, изолированным от электродов, что позволяет соединить баллон транзистора с шасси ПТК.

Глава четвертая

УСИЛИТЕЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

Разработка ряда новых дрейфовых транзисторов, способных обеспечить устойчивое усиление на частотах до 100 *Мгц* и выше, позволяет использовать их для конструирования телевизионных усилителей промежуточной частоты изображения и звукового сопровождения.

Эти усилители должны обеспечить достаточное усиление заданной полосы частот и необходимую избирательность. Усиление их должно быть стабильным и устойчивым и сохраняться неизменным

при колебаниях температуры и питающих напряжений. Применение транзисторов в схемах УПЧ позволяет получить выигрыш в потребляемой мощности, весе, габаритах и т. п.

Существенной особенностью транзисторных резонансных усилителей является сильное шунтирование колебательного контура малыми выходным и входным сопротивлениями. Это приводит к снижению добротности колебательного контура, значительному ухудшению избирательности и к изменению резонансной частоты контура, которая вследствие подключения входной емкости сдвигается в сторону более низких частот.

Кроме того, присущая транзисторам значительная внутренняя обратная связь создает опасность неустойчивой работы УПЧ, приводит к искажению формы резонансных кривых и к тому, что настройка контуров отдельных каскадов становится взаимозависимой.

Для ослабления этих вредных явлений применяются различные методы повышения устойчивости усилителя. К ним относятся: применение транзисторов с очень малой величиной внутренней обратной связи, введение схем нейтрализации, чередование каскадов, коррекция внутренней обратной связи за счет внешней обратной связи и, наконец, применение спаренных транзисторов (каскодные схемы).

Следует также упомянуть и о частотных свойствах применяемых для УПЧ транзисторов. Частота среза у них должна быть выше верхней граничной частоты усиливаемого диапазона, что особенно важно для УПЧ канала изображения, имеющего широкую полосу пропускания.

Из трех известных схем включения наиболее часто в УПЧ используется схема с ОЭ, позволяющая получить максимальное усиление по мощности при наименьшем уровне собственных шумов. Схема с ОБ используется в УПЧ значительно реже, так как вследствие малого входного сопротивления дает меньшее усиление.

УПЧ КАНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

В соответствии с современными требованиями УПЧ канала изображения (транзисторного телевизора) должен иметь следующие характеристики: промежуточная частота $f_{ПЧиз}=38$ *Мгц*, усиление по напряжению 50—60 *дб*, ширина полосы пропускания до 4,5—5,2 *Мгц*.

Идеализированная частотная характеристика УПЧ канала изображения приведена на рис. 24.

Как видно из рисунка, промежуточная частота сигналов изображения $f_{ПЧиз}$ располагается примерно на середине пологого склона частотной характеристики.

Такое расположение несущей $f_{ПЧиз}$ необходимо для обеспечения равномерной передачи низкочастотных и высокочастотных составляющих сигнала изображения.

Избирательные свойства УПЧ определяются формой частотной характеристики за пределами полосы пропускания. Так как в современных телевизорах УПЧ сигнала изображения используется одновременно для усиления сигнала звукового сопровождения, то необходимо во избежание появления на экране телевизоров помех ослабить их. Поэтому частотная характеристика УПЧ формируется таким образом, чтобы на видеодетекторе, где выделяется разностная частота звукового сопровождения, напряжение сигналов звука не превышало 5—10% от уровня сигналов изображения. Участок, на ко-

тором располагается промежуточная частота звука, выполняется в виде уступа с шириной порядка 0,2—0,3 *Мгц* и уровнем 0,1—0,05 от наибольшего значения характеристики УПЧ в полосе пропускания.

Кроме сигналов собственного звукового сопровождения, необходимо также ослабить помехи, создаваемые соседними телевизионными каналами (промежуточные частоты 39,5, 41,0 и 30 *Мгц*).

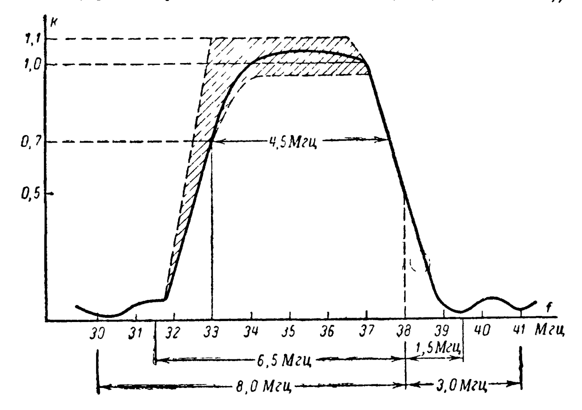


Рис. 24. Идеализированная частотная характеристика УПЧ канала изображения

В настоящее время при построении УПЧ на транзисторах чаще всего используются каскады с одиночными контурами, настроенными на разные частоты в пределах полосы пропускания, а для получения заданной избирательности применяют фильтр сосредоточенной селекции (ФСС).

РАСЧЕТ УПЧ

После определения необходимой величины усиления и напряжения источников питания переходят к расчету УПЧ, используя следующую последовательность. Выбираются схема УПЧ, число каскадов и тип транзисторов с требуемой граничной частотой.

Проводится расчет по постоянному току для определения положения рабочей точки, сопротивлений смещения и цепей стабилизации.

Находятся параметры транзисторов на низкой частоте в режиме, соответствующем положению рабочей точки.

Определяются частотная зависимость параметров транзисторов, а также входное и выходное комплексные сопротивления для выбранной рабочей точки.

Определяются значения характеристик контура L, C, ρ.

Выбирается схема межкаскадной связи (емкостная, автотрансформаторная, трансформаторная и т. д.), обеспечивающая хорошее согласование каскадов.

Определяются целесообразность нейтрализации и в случае необходимости схема нейтрализации.

Выбирается схема автоматической регулировки усиления (АРУ).

Производится расчет максимально-устойчивого усиления и избирательности.

Из перечисленных вопросов представляют интерес соображения по выбору емкостей контуров УПЧ. Известно, что для получения максимального усиления без нарушения устойчивой работы каскада емкость контура желательно взять наименьшей. При этом следует учитывать расстройку контуров за счет изменения входных и выходных емкостей транзистора (C_{11} и C_{22}) при изменении напряжений на его электродах и температуры окружающей среды. Если в погоне за усилением выбрать значения емкостей контуров слишком малыми, то расстройка, вызванная емкостями транзисторов, может привести к значительным изменениям коэффициента усиления, полосы пропускания и резонансной кривой. Для УПЧ с одиночными контурами общая емкость контура:

$$C = C_0 + m_1^2 C_{22} + m_2^2 C_{11} + C_м,$$

где C_0 — собственная емкость контура; m_1 и m_2 — коэффициенты включения контура; C_{11} — емкость входа транзистора; C_{22} — емкость выхода транзистора; $C_м$ — емкость монтажа.

Задаваясь величиной допустимого изменения коэффициента усиления и полосы пропускания, а также числом каскадов, определяются величины контурных емкостей и выбирается конденсатор с ближайшей номинальной емкостью.

Если при расчете УПЧ получилось избыточное усиление, то для его уменьшения целесообразно увеличить емкость контура, в результате чего повысится устойчивость усилителя.

Так как вследствие значительного разброса параметров полупроводниковых приборов реальные значения емкостей транзисторов и их зависимости от температуры и режима работы могут изменяться в широких пределах, расчет по приведенной формуле носит ориентировочный характер.

Рассмотрим вопрос о нейтрализации внутренней обратной связи транзистора. Сущность нейтрализации заключается в том, чтобы свести активную и реактивную составляющие проводимости обратной связи к нулю. Для этого цепи обратной связи транзистора дополняются внешними элементами таким образом, чтобы получилась мосто-

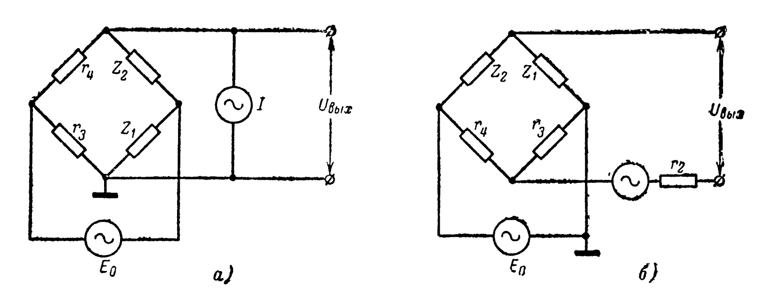


Рис. 25. Принципы построения схем нейтрализации.

а — с генератором тока и заземленной нагрузкой; б — с генератором напряжения и заземленной входной цепью.

вая схема (рис. 25), в одну диагональ которой включается генератор сигнала, а в другую — цепь нагрузки.

Для любой из трех основных схем включения транзистора возможны четыре основных схемы нейтрализации: H, Y, Z, G.

Построение этих схем и их вид определяются выбранной системой параметров и элементом нейтрализуемой обратной связи в транзисторе. Например, при нейтрализации H-типа нейтрализуется коэффициент последовательной обратной связи по напряжению h_{12}, а при нейтрализации Y-типа нейтрализуется y_{12}-проводимость параллельной обратной связи по напряжению. При применении нейтрализации типа Z и G нейтрализуются соответственно параметры z_{12} и g_{12}.

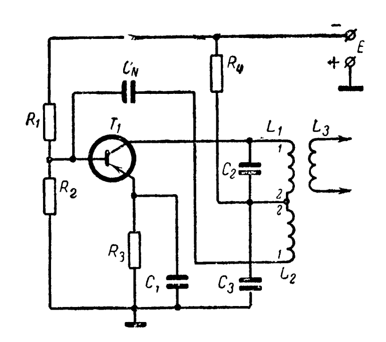


Рис. 26. Схема нейтрализации при помощи дополнительной обмотки

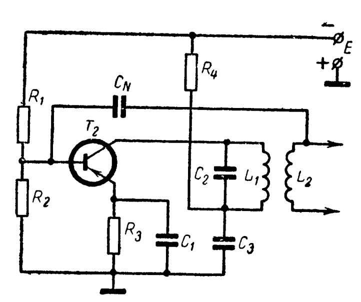


Рис. 27. Схема нейтрализации (напряжение нейтрализации снимается с обмотки связи).

Таким образом, в соответствии с типом внутренней обратной связи возможны параллельная и последовательная внешние обратные связи по току и напряжению, т. е. четыре вида нейтрализации. Поскольку в транзисторном УПЧ наиболее распространена схема с ОЭ, рассмотрим способы нейтрализации этой схемы.

Чаще всего на практике применяются следующие четыре схемы. На рис. 26 показана схема нейтрализации, в которой используется небольшая дополнительная индуктивность L_2, соединенная с заземленным через емкость C_3 нижним концом основной индуктивности контура L_1. Напряжение нейтрализации на L_2 находится в противофазе с основным напряжением и подается в базу транзистора через емкость нейтрализации C_N.

Преимущество этой схемы заключается в простой регулировке. Кроме того, она позволяет использовать одинаковые нейтродинные конденсаторы во всех каскадах усилителя промежуточной частоты.

На рис. 27 показана другая схема нейтрализации, в которой для получения напряжения сигнала в противофазе с основным напряжением используется катушка связи L_2 следующего каскада. Этот способ также очень эффективен и не требует больших затрат.

Схемы нейтрализации для каскадов, использующих полосовые контуры, представлены на рис. 28 и 29. При этом способ нейтрали-

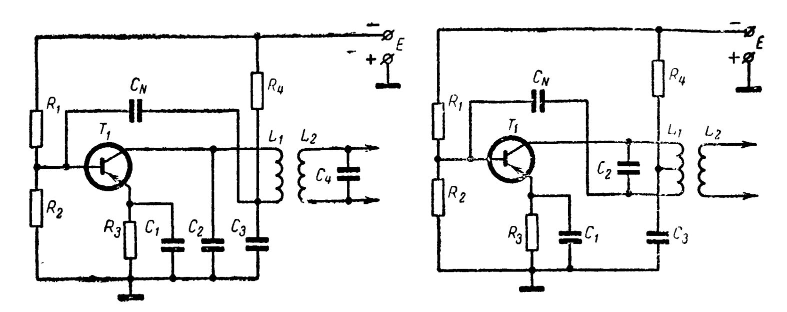


Рис. 28. Схема нейтрализации (напряжение нейтрализации снимается с емкостного делителя).

Рис. 29. Схема нейтрализации с отводом от катушки контура.

зации, показанный на рис. 28, где напряжение нейтрализации снимается с емкостного делителя C_2C_3, конструктивно выполнить легче, чем сделать отвод в катушке с малым числом витков (рис. 29).

ПРАКТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

На рис. 30 показана схема УПЧ, собранного на трех транзисторах. Выход смесителя ПТК соединен с базой транзистора T_1 первого каскада УПЧ через фильтр сосредоточенной селекции, с помощью которого подавляются сигналы помех, создаваемые соседними каналами. Все транзисторы УПЧ включены по схеме с ОЭ. Нагрузкой первого и второго каскадов служат одиночные резонансные контуры L_6C_9 и L_8C_{15}. Нагрузкой третьего каскада служит полосовой фильтр $L_{11}C_{20}L_{12}C_{21}$.

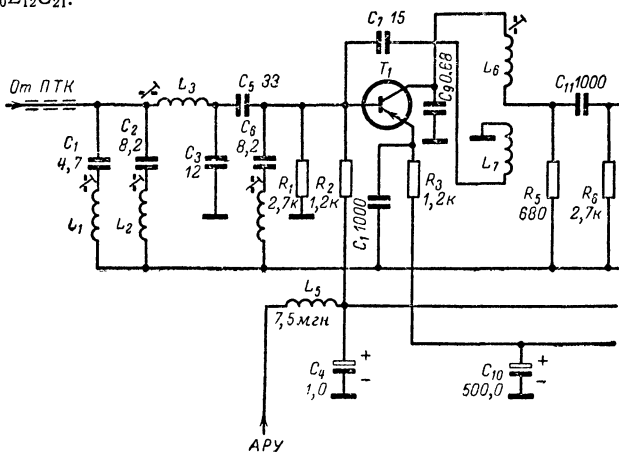


Рис. 30. Принципиальная схема

Для обеспечения хорошей устойчивости во всех трех каскадах применяется схема нейтрализации. В первом (C_7) и во втором (C_{12}) каскадах емкости нейтрализации выбраны по 15 *пф*, в третьем каскаде $C_{18}=68$ *пф*. Питание транзисторов осуществляется по эмиттерным цепям от положительного полюса батареи напряжением 13,2 *в*. Усиления первого и второго каскадов зависят от величины начального смещения и напряжения, получаемого из схемы ключевой АРУ. Чтобы частотная характеристика УПЧ не искажалась при изменении напряжения АРУ, первый и второй каскады строятся с широкой полосой пропускания.

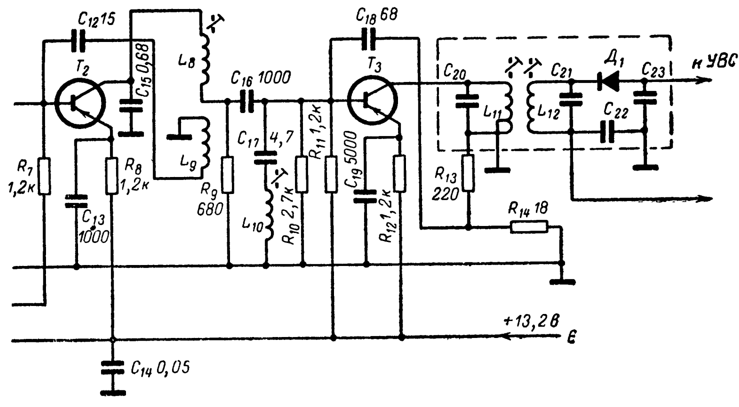
Во избежание помех от несущей частоты сигналов звукового сопровождения соседнего нижнего телевизионного канала на входе третьего каскада включен дополнительный режекторный фильтр $L_{10}C_{17}$.

Минимальное усиление УПЧ составляет 60 *дб*.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГУЛИРОВКА УСИЛЕНИЯ

Необходимость в автоматической регулировке усиления (АРУ) возникает в связи с тем, что телевизор должен качественно работать при кратковременных изменениях входных напряжений в больших пределах. Кроме того, надо защищать телевизор от перегрузок, сохранять хорошее отношение сигнал/шум, обеспечивать необходимое ослабление сигнала в регулируемых каскадах, сохранять частотные характеристики при регулировке. Выполнение этих требований при построении транзисторных усилителей связано с рядом трудностей, обусловленных физической природой транзисторов.

В настоящее время для регулировки усиления транзисторов используется несколько способов, к числу которых относятся: изменение режима транзистора по постоянному току, изменение величины обратной связи по переменному току, изменение величины межкаскадной связи и др. Несмотря на возникающие трудности, наиболее часто находит применение схема АРУ за счет изменения режима транзистора по постоянному току.



УПЧ телевизора «Astronaut».

В качестве примера рассмотрим практическую схему ключевой АРУ (рис. 31). Схема АРУ собрана на двух транзисторах, из которых T_1 является управляющим, а T_2 — усилительным. В момент обратного хода луча кинескопа (т. е. в момент, когда экран кинескопа не светится) на коллектор транзистора T_1 подается положительный импульс от строчного трансформатора. Транзистор T_1 открывается. В этот же момент времени в базовую цепь транзистора поступает напряжение синхроимпульсов. Размах синхроимпульсов зависит от

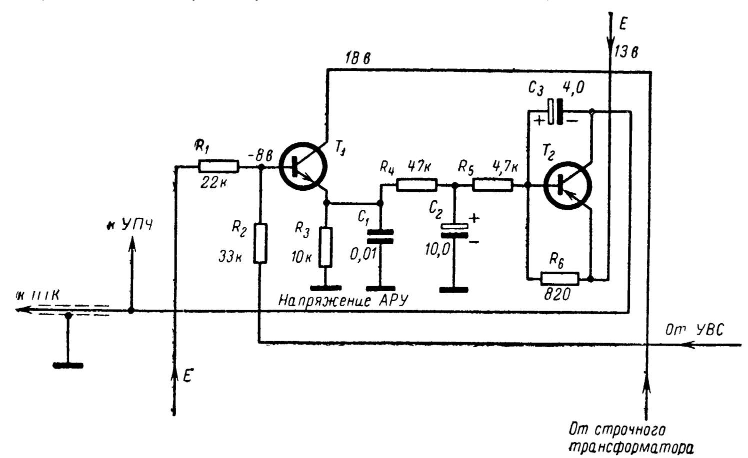


Рис. 31. Схема автоматической регулировки усиления.

величины приходящего сигнала Чем большая величина сигнала поступает на вход транзистора T_1, тем больше величина тока в цепи нагрузки. Нагрузкой транзистора T_1 служит резистор в цепи эмиттера. Включение этого транзистора по схеме эмиттерного повторителя позволяет получить большое входное сопротивление. Тем самым схема АРУ не будет шунтировать выход видеоусилителя, а малое выходное сопротивление эмиттерного повторителя позволяет получить хорошее согласование с усилителем на транзисторе T_2. Усиленное напряжение АРУ снимается с коллектора транзистора T_2 и подается в ПТК, а также на первый и второй каскады УПЧ.

УПЧ КАНАЛА ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ

В качестве промежуточной частоты звука используется разностная частота между промежуточными частотами изображения и звука, величина которой в отечественных телевизорах составляет 6,5 *Мгц*. Поэтому в усилителе разностной частоты (УРЧ) можно использовать транзисторы с меньшей частотой среза, чем в схеме УПЧ канала изображения. Полоса частот, усиливаемых УРЧ, намного уже, чем в УПЧ канала изображения, и составляет величину примерно 0,4—0,5 *Мгц*. Следовательно, усилительные свойства транзистора на этих частотах могут быть использованы полностью. В телевизо-

рах для усиления сигналов звукового сопровождения обычно используются два-три каскада Например, в телевизоре «Astronaut» сигнал звукового сопровождения усиливается первым каскадом видеоусилителя и каскадом УРЧ (рис. 32).

В телевизоре фирмы «Sony» сигнал звукового сопротивления усиливается тремя каскадами (рис. 33).

Из этого рисунка видно, что сигнал разностной частоты, выделяемый в нагрузке видеодетектора, поступает на первый каскад УВС (T_1). Далее с помощью катушки связи сигналы снимаются с

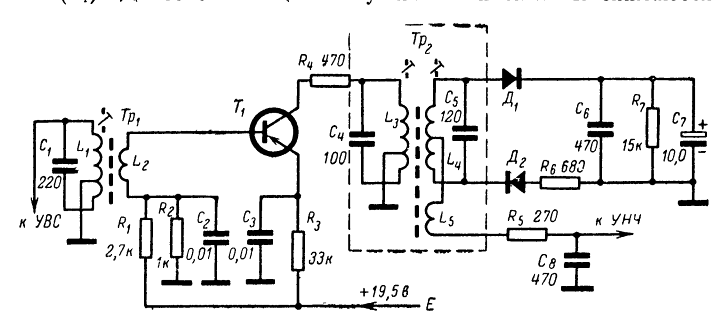


Рис. 32. УРЧ телевизора «Astronaut».

контура, включенного в цепь эмиттера T_1, и подаются по коаксиальному кабелю на вход первого каскада УРЧ (T_2), после чего еще раз усиливаются вторым каскадом УРЧ (T_3).

Оба каскада УРЧ нейтрализованы, резонансные нагрузки включены в коллекторные цепи. Питание каскадов УРЧ осуществляется от положительного полюса источника питания по эмиттерным цепям.

Глава пятая

ВИДЕОУСИЛИТЕЛЬ

Усилитель видеосигналов телевизионного приемника должен обеспечивать выходное напряжение с амплитудой порядка 40—50 *в* в полосе частот от 50 *гц* до 5,0—6,0 *Мгц*. Это напряжение складывается из напряжения видеосигнала, имеющего амплитуду 30—40 *в*, и напряжения синхронизирующих импульсов, превышающих амплитуду сигнала на 25—30%.

Идеализированная форма частотной характеристики видеоусилителя показана на рис. 34 Она равномерна в области нижних и средних частот и имеет подъем в области высших частот, который позволяет повысить четкость и тем самым улучшить качество изображения. Амплитудная характеристика видеоусилителя должна быть линейной во всей полосе усиливаемых частот.

Как и в других узлах, использование транзисторов в схемах видеоусилителей встречает ряд трудностей. Внутренняя обратная

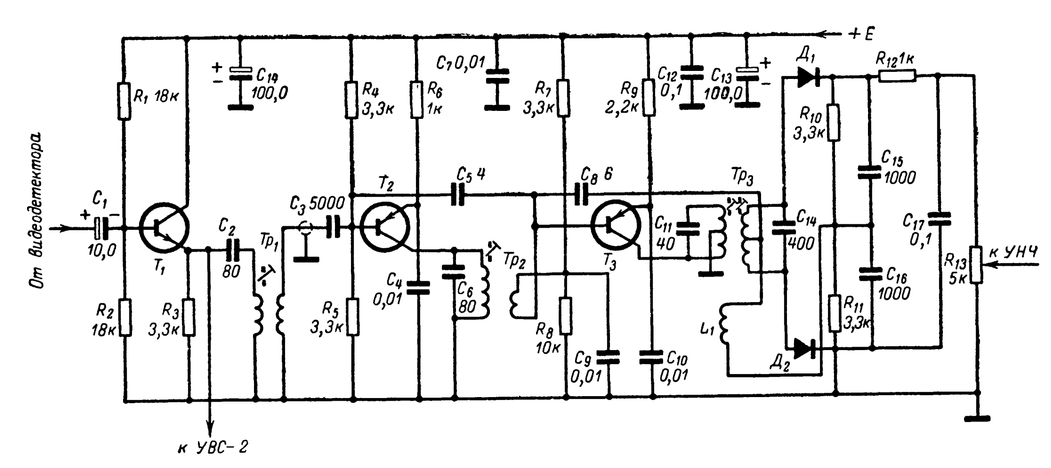


Рис. 33. УРЧ телевизора типа 8-301 фирмы «Sony».

связь, низкие значения входных и выходных комплексных сопротивлений, значительная зависимость этих характеристик и коэффициента усиления от частоты, не говоря уже о зависимости параметров транзистора от температуры и режима, вынуждают принимать ряд мер для расширения полосы пропускания и стабилизации рабочей точки. Видеоусилители обычно состоят из предварительного каскада, который для согласования с видеодетектором должен иметь достаточно большое входное сопротивление, и выходного каскада, с нагрузки которого снимается полный сигнал изображения для подачи во вход-

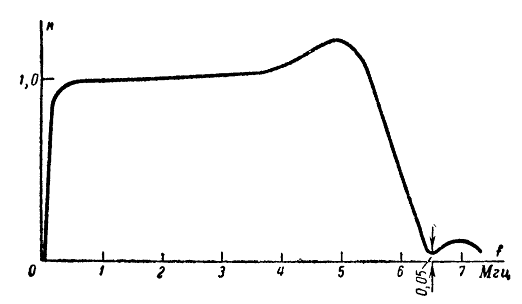


Рис. 34. Идеализированная частотная характеристика видеоусилителя.

ную цепь кинескопа. Для связи между каскадами принципиально пригоден любой из трех известных способов: трансформаторная связь, резистивно-емкостная и непосредственная.

Практически трансформаторная связь в схемах видеоусилителей для телевизоров не используется, так как трудно изготовить трансформатор, работающий в таком широком диапазоне частот, не говоря уже о себестоимости и увеличении веса.

В случае использования *RC* связи для того, чтобы пропустить низкие частоты усиливаемого диапазона, приходится брать переходные и развязывающие конденсаторы большой величины (электролитические), что увеличивает стоимость и габариты видеоусилителя.

Применяя непосредственную связь, можно отказаться от переходных конденсаторов, но в этом случае необходимо принять меры для стабилизации рабочей точки. Большим достоинством такой схемы является сохранение постоянной составляющей телевизионного сигнала, обеспечивающее передачу средней яркости изображения. Наибольшее признание получила схема видеоусилителя, собранная на двух транзисторах с непосредственной связью. Предварительный каскад собирается по схеме с ОК, а оконечный — по схеме с ОЭ (или с ОБ).

ВЫХОДНОЙ КАСКАД

Выходной каскад видеоусилителя в телевизоре нагружен входной цепью кинескопа. Так как входная проводимость и входная емкость кинескопа достаточно малы, то можно считать, что нагрузкой выходного каскада служит высокоомное активное сопротивление,

зашунтированное паразитной емкостью кабеля, соединяющего видеоусилитель с кинескопом. Полное сопротивление нагрузки можно представить в виде параллельного соединения активного сопротивления 40 *ком* и емкости 7—8 *пф*. Следует заметить, что в усилителе на транзисторе с активной нагрузкой наблюдается уменьшение усиления на низких и высоких частотах. В области низких и средних частот параметры транзисторов от частоты зависят крайне мало и практически их можно считать постоянными. Снижение усиления в этой области частот объясняется конечными величинами переходных (при их наличии) и развязывающих конденсаторов. В ламповых схемах входное сопротивление велико и вследствие этого переходные конденсаторы могут быть небольшой величины. В транзисторных схемах входное сопротивление составляет десятки, а иногда и единицы ом, поэтому переходные и развязывающие конденсаторы приходиться брать значительной величины. Однако ввиду того, что транзисторы работают при малых уровнях питающих напряжений, можно использовать конденсаторы с более низким номинальным напряжением и соответственно с малыми габаритами.

Уменьшение усиления транзисторного каскада с активной нагрузкой в области высоких частот в основном происходит по следующим причинам:

за счет уменьшения коэффициента усиления транзистора;

за счет собственных емкостей транзисторов $C_{вх}$ и $C_{вых}$;

за счет внешних паразитных емкостей схемы, шунтирующих цепи сигнала или обусловливающих появление обратных связей.

При проектировании выходного каскада следует учитывать, что видеосигнал может быть подан либо на сетку, либо на катод кинескопа.

Способ подачи сигнала изображения на кинескоп определяет построение схемы видеоусилителя и соответственно схемы амплитудного детектора.

РАСЧЕТ ВИДЕОУСИЛИТЕЛЯ

Для расчета видеоусилителя необходимо выбрать принципиальную схему, элементы коррекции и определить напряжение источников питания.

Построение принципиальной схемы и выбор напряжения источника питания обусловлены величиной выходного напряжения, требуемой шириной полосы пропускания и характеристиками имеющихся транзисторов.

Если не удается обеспечить требуемое $U_{вых}$ в выходном каскаде видеоусилителя одним транзистором, то приходится идти на компромиссные решения.

Можно включить последовательно два или более транзисторов, что позволяет работать от указанного источника питания и получить большее выходное напряжение. Можно несколько снизить требования к видеоусилителю и повысить коэффициент усиления каскадов УПЧ. Можно уменьшить сопротивление нагрузки В этом случае снизится величина коэффициента усиления, которую также можно компенсировать увеличением числа каскадов в канале изображения.

Расчет схемы по постоянному току определяется схемой каскада и величиной выбранного источника питания. Рассмотрим расчет каскада, приведенного на рис. 35.

Задаемся током коллектора $I_К$ в рабочей точке, выбираем напряжение на коллекторе (из условия усиления сигнала без нелинейных искажений) и определяем падение напряжения на резисторе в цепи эмиттера $U_э$ (для хорошей стабилизации это напряжение должно быть порядка 20—30% от напряжения источника питания). Остальные элементы схемы определяем следующим образом:

сопротивление резистора в цепи коллектора

$$R_К = \frac{E - U_э - U_{К\,э}}{I_К};$$

ток базы

$$I_б = \frac{I_К}{\beta_{ст}};$$

ток эмиттера

$$I_э = I_К + I_б;$$

сопротивление резистора в цепи эмиттера

$$R_э = \frac{U_э}{I_э}.$$

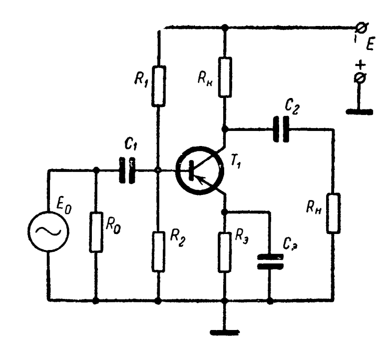


Рис. 35. Схема одиночного каскада видеоусилителя на транзисторе, включенном по схеме с ОЭ.

Ток делителя в цепи базы $I_Д$ выбирается из условия $I_Д = (5 \div 8)\, I_б$.

Сопротивления резисторов делителя:

$$R_2 = \frac{U_э + U_{э\,б}}{I_э};$$

$$R_1 = \frac{E - U_э - U_{э.б}}{I_Д + I_б}.$$

Пример. Рассчитать каскад по постоянному току на транзисторе П416А с $\beta_{ст} = 50$, $U_{э.б} = 0{,}2$ *в* и $E = 12$ *в*.

Решение

Задаемся током коллектора $I_К = 6$ *ма* и напряжением на коллекторе $U_{К.э} = 6$ *в*.

Определяем падение напряжения на сопротивлении эмиттера

$$U_э = 0{,}2E = 0{,}2 \cdot 12 = 2{,}4\ в;$$

сопротивление

$$R_К = \frac{12 - 2{,}4 - 6}{6 \cdot 10^{-3}} = 600\ ом;$$

ток базы

$$I_б = \frac{6\ 10^{-3}}{50} = 0{,}12 \cdot 10^{-3} = 120\ мка;$$

ток эмиттера

$$I_э = 6 \cdot 10^{-3} + 0,12 \cdot 10^{-3} = 6,12 \cdot 10^{-3} = 6,12\ ма;$$

сопротивление в цепи эмиттера

$$R_э = \frac{2,4}{6,12 \cdot 10^{-3}} = 390\ ом;$$

ток делителя

$$I_д = 5 \cdot 0,12 \cdot 10^{-3} = 0,6 \cdot 10^{-3} = 0,6\ ма;$$

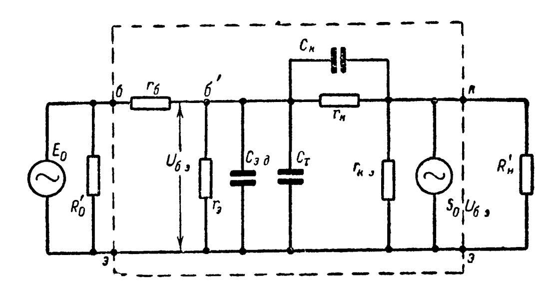


Рис. 36. П-образная эквивалентная схема транзистора, включенного по схеме с ОЭ.

сопротивление резисторов в цепи делителя:

$$R_2 = \frac{2,4 + 0,2}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 4,3\ ком;$$

$$R_1 = \frac{12 - 2,4 - 0,2}{0,6 \cdot 10^{-3} + 0,12 \cdot 10^{-3}} = 15,3\ ком.$$

Выбираем ближайшие по ГОСТ резисторы.

Расчет некорректированного каскада на переменном токе. Рассмотрим расчет однокаскадного усилителя без коррекции на транзисторе, включенном по схеме с ОЭ. Схема каскада приведена на рис. 35. Для расчета каскада удобно воспользоваться П-образной эквивалентной схемой. Рассматривая рис. 35, полагаем, что для области средних и высших частот емкости C_1, C_2 и $C_э$ представляют собой короткое замыкание. Поэтому их можно не показывать в эквивалентной схеме. Далее сопротивление источника R_0 и оба сопротивления резисторов делителя в цепи базы R_1 и R_2 можно объединить в одно эквивалентное сопротивление R_0'. Аналогично сопротивление в цепи коллектора $R_к$ и сопротивление резистора нагрузки $R_н$ представляют собой для переменного тока два параллельно соединенных сопротивления и их можно объединить в одно эквивалентное $R_н'$. Влиянием сопротивления резистора $R_э$ пренебрегаем, так как по переменному току оно шунтировано емкостью $C_э$.

Эквивалентная схема транзистора для высоких и средних частот приведена на рис. 36. В этой схеме $r_б$ — сопротивление области базы;

$r_э$ — сопротивление области эмиттера; $C_{э.д}$ — диффузионная емкость эмиттерного перехода; C_τ — эквивалентная емкость, учитывающая пересчитанную в эмиттер емкость между коллектором и эмиттером, а также зарядную емкость эмиттера; $r_к$ — сопротивление области коллектора; $u_{б.э}$ — напряжение между внутренней точкой *б* и эмиттером; $C_к$ — емкость перехода коллектор-база, состоящая из зарядной и диффузионной емкостей.

Так как коллекторный переход смещен в обратном направлении, зарядная емкость значительно превышает диффузионную.

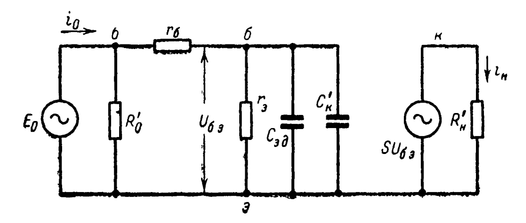


Рис. 37. Упрощенная П-образная эквивалентная схема.

Полагаем, что $R_н' \ll r_к + r_{к.э}$, а $C_\tau \ll C_{э.д}$. С учетом этого эквивалентную схему можно упростить, исключив из нее $r_к$, $r_{к.э}$ и C_τ. Полученную схему также можно упростить. Емкость $C_к$ нетрудно пересчитать во входную цепь так же, как это делается в ламповых схемах. Тогда пересчитанная емкость будет равна:

$$C_к' = C_к K_н ,$$

где $K_н$ — коэффициент усиления каскада по напряжению.

На средних частотах $K_н$ примерно равно:

$$K_н = S_0 R_н .$$

Отсюда следует, что

$$C_к' = C_к S R_н .$$

С учетом изложенного эквивалентная емкость, состоящая из параллельно включенных емкостей $C_{э.д}$ и $C_к'$, будет равна:

$$C_{экв} = C_{э.д} + C_к S R_н .$$

Соответственно эквивалентная схема каскада принимает вид, приведенный на рис. 37.

Если пренебречь потерями на сопротивлении $r_б$, которое очень мало и по которому протекает малый входной ток, то можно считать $u_{б.э}' \approx E_0$.

Пользуясь упрощенной эквивалентной схемой транзистора, можно провести приближенный расчет каскада видеоусилителя без коррекции.

Для удобства расчета разобьем диапазон усиливаемых частот на три участка: низких, средних и высоких частот, и будем рассчитывать коэффициент усиления и частотную характеристику на каждом участке отдельно.

Расчет каскада видеоусилителя на средних частотах. На средних частотах можно не учитывать комплексность параметров транзисторов, влияние переходных конденсаторов и выходной емкости транзисторов. На средних частотах можно пренебречь также влиянием емкости $C_{экв}$, так как для этих частот она представляет большое сопротивление. Тогда коэффициент усиления по току (рис. 37) будет:

$$K_T = S_0 \left(R_0' \parallel r_э\right) \text{ или } K_T = S_0 \frac{R_0' r_э}{R_0' + r_э},$$

где

$$S_0 = \frac{\beta}{h_{11}}.$$

От коэффициента усиления по току легко перейти к коэффициенту усиления по напряжению

$$K_н = - K_T \frac{Z_н}{Z_{вх}}.$$

Расчет каскада видеоусилителя на высоких частотах. По мере увеличения частоты коэффициент усиления по току каскада уменьшается, так как сказывается шунтирующее действие эквивалентной емкости транзистора $C_{экв}$. Коэффициент усиления по току определяется так же, как на средних частотах. При этом следует учесть, что для определения величины K_T нужно предварительно найти значение S, имеющего комплексный характер и зависящего от частоты.

Частоту $f_в$, на которой усиление уменьшается на 3 *дб*, можно определить из выражения

$$f_в = \frac{1}{2\pi C_{экв} \left(R_0' \parallel r_э\right)} = \frac{R_0' + r_э}{2\pi C_{экв} R_0' r_э}.$$

Расчет каскада видеоусилителя на низких частотах. На низких частотах усиление уменьшается за счет влияния переходных и развязывающих емкостей C_1, C_2 и $C_э$. Например, влияние емкости C_1 на коэффициент усиления по напряжению $K_н'$ можно определить с помощью выражения:

$$K_н' = \frac{K_н}{\sqrt{1 + \frac{1}{(2\pi f C_1 r_{вх})^2}}},$$

а частоту, на которой усиление уменьшается на 3 *дб*, из выражения

$$f_н = \frac{1}{2\pi C_1 r_{вх}}.$$

Пример. Определить усиление и полосу пропускания однокаскадного усилителя на транзисторе П416А при $f_\alpha = 130$ *Мгц*, $\beta = 50$, $h_{11} = 450$ *ом*, $C_к = 5$ *пф*, $r_б = 50$ *ом*, $R_0 = 1\,000$ *ом*, $R_н = 1\,000$ *ом*.

Решение

Крутизна транзистора

$$S_0 = \frac{\beta}{h_{11}} = \frac{50}{450} = 0,11.$$

Из рассмотрения эквивалентной схемы (рис. 36) следует: $r_э = h_{11э} - r_б = 450 - 50 = 400$ *ом*.

Задаемся $C_{э.д} = 140$ *пф*.

Частоту f_β можно найти из выражения

$$f_\beta = \frac{f_\alpha}{m\beta_0} = \frac{130}{1,6 \cdot 50} = 1,6 \text{ Мгц},$$

где f_α — предельная частота усиления по току;

m — технологический коэффициент, равный 1,6 для дрейфовых транзисторов.

Значение пересчитанной емкости

$$C'_к = 5 \cdot 10^{-12} \cdot 0,11 \cdot 1\,000 = 550 \text{ пф};$$

емкость

$$C_{экв} = 140 \cdot 10^{-12} + 550 \cdot 10^{-12} = 690 \text{ пф};$$

верхняя граничная частота

$$f_в = \frac{1\,000 + 400}{2 \cdot 3,14 \cdot 690 \cdot 10^{-12} \cdot 1\,000 \cdot 400} = 810 \text{ кгц};$$

коэффициент усиления по току

$$K_Т = 0,11 \frac{1\,000 \cdot 400}{1\,000 + 400} = 31,5;$$

произведение усиления на полосу пропускания

$$K_Т f_в = 31,5 \cdot 810 \cdot 10^3 = 25,5 \text{ Мгц}.$$

КОРРЕКЦИЯ ИСКАЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ ВЕРХНИХ ЧАСТОТ

Для улучшения частотной характеристики видеоусилителя в области верхних частот может быть использована отрицательная обратная связь, параллельная и последовательная индуктивные коррекции.

Отрицательная обратная связь. На рисунке 38 (*а* и *б*) показаны простейшие способы введения последовательной и параллельной отрицательной обратной связи.

В первом случае (рис. 38, *а*) включение нешунтированного емкостью резистора $R_э$ в цепь эмиттера транзистора уменьшает усиление каскада на средних частотах за счет отрицательной обратной связи по току и увеличивает предельное значение полосы пропуска-

ния. Этот способ эффективен, если сопротивление резистора $R_э$ лежит в диапазоне

$$\frac{R_0'}{\beta_0} < R_э < R_0'.$$

Для расчета коэффициента усиления по току K_T' и полосы пропускания усилителя $f_в'$ с обратной связью можно воспользоваться выражениями:

$$K_T' = \frac{K_T}{1 + k\beta_0};$$

$$f_в' = f_в\left(1 + \frac{k\beta_0}{1 + k}\right),$$

где

$$k = \frac{R_э}{R_0'}.$$

Пример. Определить коэффициент усиления по току и полосу пропускания усилителя с отрицательной обратной связью по току. Для расчета воспользуемся данными предыдущего примера. Полагаем, что $R_э$ равно 20 *ом*, а R_0' в связи с применением высокоомных резисторов в делителе почти не отличается от R_0. Поэтому можно считать: $R_0' = R_0 = 1000$ *ом*.

Решение

Определяем $K = \frac{R_э}{R_0'}$:

$$K = \frac{20}{1\,000} = 0{,}02.$$

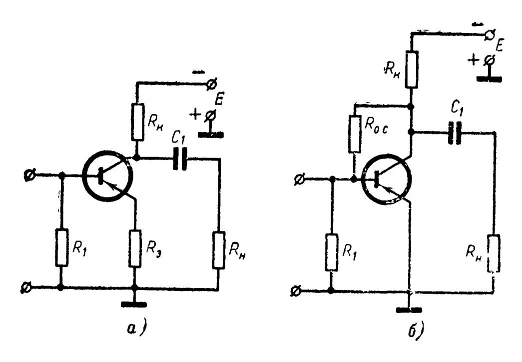


Рис. 38. Схема высокочастотной коррекции с отрицательной обратной связью.

а — с обратной связью по току; *б* — с обратной связью по напряжению.

Коэффициент усиления каскада

$$K_{\text{Т}} = \frac{31,5}{1 + 0,02 \cdot 50} = 15,7.$$

Верхняя граничная частота

$$f_{\text{в}} = 810 \cdot 10^3 \left(1 + \frac{0,02 \cdot 50}{1 + 0,02}\right) = 1,6 \textit{ Мгц}.$$

Отсюда видно, что усиление упало, а полоса расширилась.

Другой способ улучшения частотной характеристики усилителя в области верхних частот показан на рис. 38, *б*. Включение резистора $R_{\text{о.с}}$ между коллектором и базой транзистора создает отрицательную обратную связь по напряжению и расширяет полосу пропускания. Этот способ является эффективным, если

$$R_{\text{н}} < R_{\text{о.с}} < R_{\text{н}} \beta_0$$

и если полоса пропускания не очень широкая.

Для получения широкой полосы потребовалось бы величину $R_{\text{о.с}}$ сделать настолько малой, что привело бы к существенному шунтированию входной и выходной цепи и, значит, уменьшению произведения усиления на полосу пропускания.

Для получения подъема характеристики на высоких частотах можно несколько усложнить эти две простейшие схемы путем добавления в цепь обратной связи частотно-зависимых элементов. Так, на рис. 39, *а* показана схема с отрицательной обратной связью, в которой резистор в цепи эмиттера зашунтирован небольшой емкостью $C_{\text{э}}$. В результате этого с повышением частоты величина обратной связи уменьшается, а усиление возрастает.

Первоначальный выбор емкости $C_{\text{э}}$ производится из условия равенства реактивного сопротивления этой емкости на частоте f_β сопротивлению $R_{\text{э}}$:

$$C_{\text{э}} = \frac{1}{2\pi f_\beta R_{\text{э}}}.$$

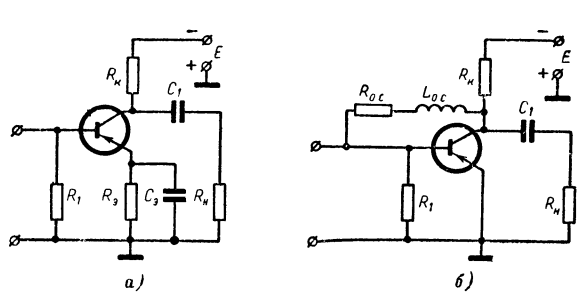


Рис. 39. Схемы высокочастотной коррекции с частотно-зависимой отрицательной обратной связью.

Точное определение величины $C_э$ производится экспериментальным путем в процессе регулировки

Другой способ введения частотно-зависимой отрицательной обратной связи заключается в добавлении небольшой индуктивности $L_{о.с}$ последовательно с резистором обратной связи $R_{о.с}$, как показано на рис. 39, *б* Это приводит к уменьшению эффективности отрицательной обратной связи на высоких частотах и расширению полосы.

Для приближенного расчета индуктивности можно воспользоваться выражением

$$L_{о.с} = R_{о.с} \frac{1 + \frac{R_{о.с}}{R_н}}{2\pi f_т},$$

где $f_т$ — граничная частота коэффициента передачи тока, при которой $\beta = 1$.

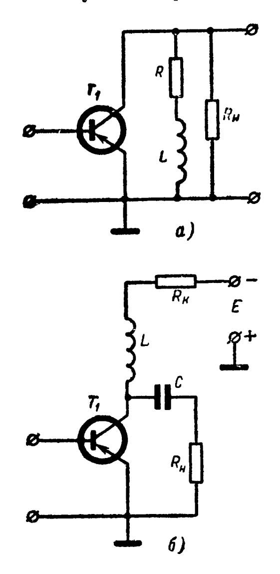


Рис. 40. Схемы высокочастотной параллельной индуктивной коррекции.

а — эквивалентная схема коррекции; *б* — практическая схема коррекции.

Параллельная индуктивная коррекция. Для подъема частотной характеристики на высших частотах диапазона можно использовать параллельную индуктивную коррекцию (рис. 40). Этот метод целесообразно применять для компенсации уменьшения усиления по току.

Сущность коррекции заключается в том, что параллельно с сопротивлением нагрузки $R_н$ включается дополнительное индуктивное сопротивление (рис. 40, *а*), состоящее из последовательно включенных резистора R и катушки L, через которые ответвляется часть тока выходного сигнала На низких частотах реактивное сопротивление индуктивной нагрузки x_L мало. Ток ($i_н$), проходящий через эту нагрузку, можно найти из выражения

$$\frac{i_н}{i_L} = \frac{R_н}{R + x_L}.$$

На высших частотах значение x_L увеличивается, а проходящий через него ток уменьшается Соответственно увеличивается ток, проходящий через резистор $R_н$, что улучшает частотную характеристику. В практических схемах параллельная коррекция осуществляется путем включения корректирующей катушки индуктивности в коллекторную цепь транзистора (рис. 40, *б*). Первоначальный выбор корректирующей индуктивности осуществляется из условия

$$L = \frac{R_к}{2\pi f_з}.$$

В процессе налаживания видеоусилителя эта величина уточняется экспериментальным путем. Например, для транзистора с граничной частотой $f_\beta = 1{,}6$ *Мгц* и сопротивлением $R_к = 1\,000$ *ом* корректирующая индуктивность $L = 100$ *мкгн*.

Последовательная индуктивная коррекция. Практическая схема последовательной индуктивной коррекции, позволяющей улучшить частотную характеристику, показана на рис. 41, *а*.

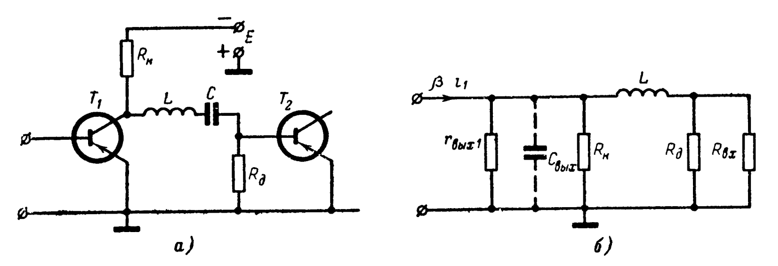


Рис. 41. Схемы высокочастотной последовательной индуктивной коррекции.

а — практическая схема коррекции; *б* — эквивалентная схема коррекции

Эквивалентная схема коррекции приведена на рис. 41, *б*. Нагрузкой каскада служат $r_{вых}$, $C_{вых}$, $R_к$, $R_д$ и $R_{вх}$.

Индуктивность L корректирующей катушки выбирается из условия резонанса с выходной емкостью коллекторной цепи на частоте среза транзистора. Точная величина корректирующей индуктивности подбирается экспериментально. Из рассмотрения эквивалентной схемы видно, что влиянием переходной емкости C можно пренебречь

КОРРЕКЦИЯ ИСКАЖЕНИЙ НА НИЗКИХ ЧАСТОТАХ

Как уже указывалось выше, основными причинами искажений в области низких частот являются переходные и развязывающие конденсаторы. При расчете каскада на нижних частотах величины емкостей C_1, C_2, $C_э$ (рис. 42) выбираются из условия, чтобы ослабление усиления на нижней граничной частоте $f_н$ составляло не более 1 *дб* от каждой из этих емкостей. Тогда общее ослабление на каскад составит менее 3 *дб*.

Переходные емкости C_1 и C_2 можно определить с помощью выражения

$$C_1 = C_2 = \frac{3}{2\pi f_н (R_к + R_н)}.$$

Величину конденсатора развязки $C_э$ можно найти с помощью выражения

$$C_э = \frac{3\beta_0}{2\pi f_н R_0'}.$$

Для коррекции частотной характеристики в области низких частот можно воспользоваться методом, который применяется для низкочастотной коррекции ламповых видеоусилителей. Последовательно с сопротивлением $R_К$ включают дополнительно резистор $R_ф$ и к месту их соединения подключают емкость $C_ф$ (рис. 42).

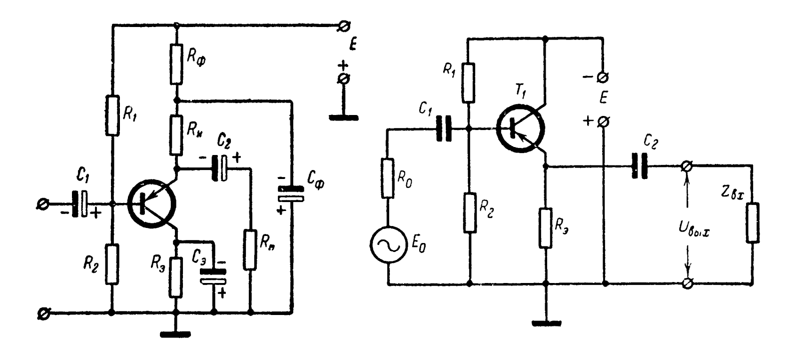


Рис. 42. Схема коррекции частотной характеристики на низких частотах.

Рис. 43. Схема эмиттерного повторителя.

На сопротивлении $R_ф$ гасится излишек напряжения источника питания, а емкость $C_ф$ выбирается из условия

$$C_ф = \frac{R_н C_2}{R_К} .$$

ЭМИТТЕРНЫЙ ПОВТОРИТЕЛЬ

Схема эмиттерного повторителя в общем виде приведена на рис. 43. Коэффициент усиления по напряжению такого каскада меньше 1. Усиление по мощности происходит за счет усиления по току. Вследствие глубокой отрицательной обратной связи входное сопротивление каскада увеличивается, а выходное — уменьшается.

Основные характеристики эмиттерного повторителя можно определить с помощью следующих выражений:

$$R_{вх} = \frac{R'_{вх} + R_э}{1 - \alpha_{мин}} ;$$

$$R_{вых} \approx R'_{вх} + R_0 \left(1 - \alpha_{мин}\right) ;$$

$$K_Т \approx \frac{1}{1 - \alpha_{мин}} \cdot \frac{R_э}{Z_{вх}} ;$$

$$K_н \approx \frac{R_э}{R'_{вх} + R_э} ,$$

где $R_{вх}$ и $R_{вых}$ — входное и выходное сопротивление эмиттерного повторителя;

$K_Т$ и $K_н$ — коэффициенты усиления по току и напряжению;

$R'_{вх}$ — входное сопротивление транзистора, включенного по схеме с ОБ;

R_0 — сопротивление источника сигнала;

$R_э$ — сопротивление нагрузки в эмиттерной цепи по переменному току;

$Z_{вх}$ — входное сопротивление последующего каскада.

В схемах видеоусилителей для телевизоров эмиттерный повторитель обычно используется для согласования высокоомного выхода амплитудного детектора с низкоомным входом транзисторного усилительного каскада.

ПРАКТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

На рис. 44 приведена схема видеоусилителя телевизора «Astronaut». Видеоусилитель собран на двух транзисторах типа *p-n-p*. Сигнал изображения с видеодетектора $Д_1$ поступает на вход транзистора T_1 через фильтр промежуточной частоты $C_4L_3C_5$.

Транзистор T_1 включен по постоянному току по схеме с ОЭ. Питание каскада осуществляется по эмиттерной цепи от положительного полюса батареи напряжением плюс 13 *в*.

Смещение на базе создается с помощью делителя R_3R_4. По переменному току этот транзистор включен по схеме ОК, что позволяет получить большое входное сопротивление и хорошее согласование с видеодетектором.

Для частот сигнала изображения коллектор транзистора T_1 соединен с шасси через емкость C_7. Нагрузкой каскада служит резистор в цепи эмиттера и параллельно включенный режекторный контур, настроенный на разностную частоту 4,5 *Мгц* (стандарт США). При этом малое выходное сопротивление эмиттерного повторителя хорошо согласуется с малым входным сопротивлением следующего каскада T_2.

Для разностной частоты, равной 4,5 *Мгц*, эмиттер транзистора T_1 соединен с шасси через режекторный фильтр, а в коллекторной цепи включен колебательный контур, настроенный на эту частоту. Таким образом, для промежуточной частоты звукового сопровождения этот транзистор будет работать как обычный усилительный каскад по схеме с ОЭ.

Второй транзистор T_2 включен по схеме с ОЭ. Так как для получения нормального размаха сигнала на катоде кинескопа недостаточно напряжения батареи порядка 19 *в*, применяется дополнительное питание (—90 *в*). Оно получается от специального выпрямителя, который питается напряжением, поступающим от одной из обмоток строчного трансформатора. Чтобы получить разность потенциалов порядка 100 *в*, в эмиттерную цепь транзистора T_2 через резисторы R_{11} и R_{10} подается напряжение от положительного полюса батареи +19,5 *в*. Регулировка контрастности осуществляется в эмиттерной цепи транзистора T_2 за счет изменения величины отрицательной обратной связи по току.

Другая схема видеоусилителя приведена на рис. 45. Эта схема собрана на двух транзисторах типа *p-n-p* (AF117 и AF118).

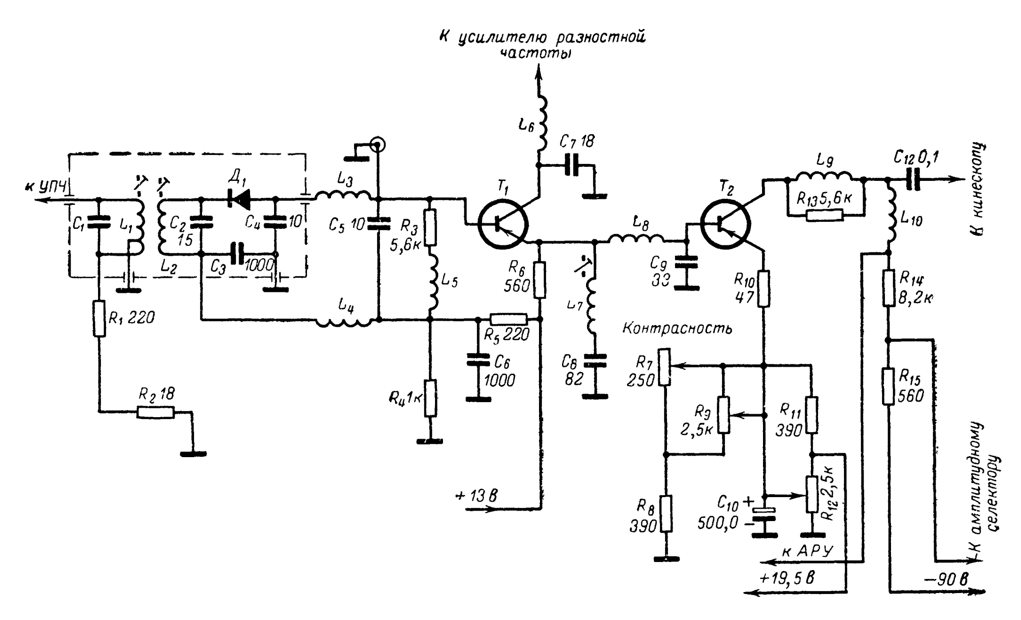


Рис. 44. Схема видеоусилителя телевизора «Astronaut».

Транзистор T_1 включен по схеме с ОЭ.

Напряжение на выходной каскад видеоусилителя подается также от дополнительного выпрямителя, питаемого от строчного трансформатора, однако величина питающего напряжения несколько меньше и составляет величину порядка 72 *в*. Импульсы синхронизации снимаются с выхода эмиттерного повторителя, что позволяет

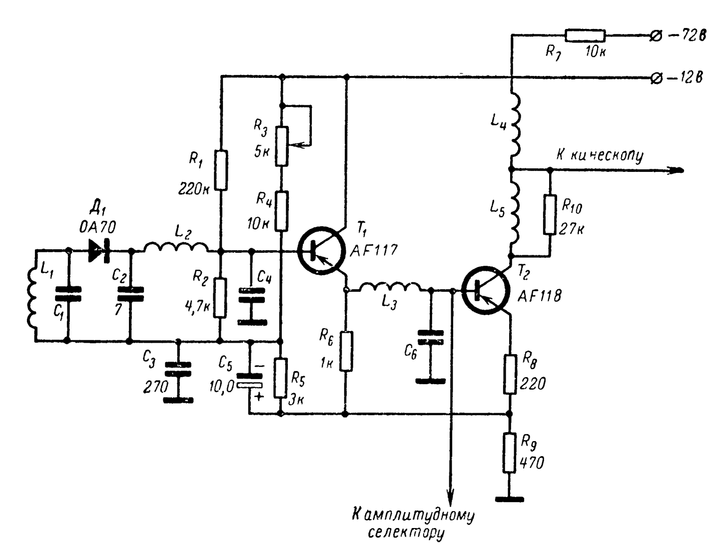


Рис. 45. Схема видеоусилителя.

получить хорошее согласование с низкоомным входом амплитудного селектора.

В связи с тем, что сигнал изображения подается на кинескоп в отрицательной полярности, а выходной транзистор переворачивает фазу сигнала на 180°, потребовалось диод видеодетектора включить таким образом, чтобы на нагрузке видеодетектора сигнал выделялся в положительной полярности. Для обеспечения устойчивого смещения на видеодетекторе нижний конец обмотки L_1, питающей видеодетектор, соединен с делителем напряжения $R_3R_4R_5$.

При этом потенциометр R_3 позволяет подобрать наиболее оптимальную величину смещения опытным путем.

Рабочая точка выходного транзистора подбирается таким образом, чтобы выходной сигнал не заходил в нелинейную область характеристик транзистора.

Усиление выходного каскада по напряжению можно определить из выражения

$$K_{н} = \frac{R_{н}}{R_{э} + r_{э}},$$

где $R_{н}$ — сопротивление нагрузки;

$R_э$ — сопротивление отрицательной обратной связи в цепи эмиттера; $r_э$ — внутреннее сопротивление в цепи эмиттера.

Так как $R_э \gg r_э$, то влиянием $r_э$ можно пренебречь. Отсюда усиление можно определить, как

$$K_н = \frac{R_н}{R_э} = \frac{R_7}{R_8} = \frac{10^4}{220} = 45.$$

Поскольку усиление эмиттерного повторителя равно 1, а напряжение на выходе видеодетектора составляет примерно 1,5 *в*, нетрудно определить выходное напряжение видеоусилителя

$$u_{вых} = u_{вх} K_н = 1,5 \cdot 45 = 67 \text{ в}.$$

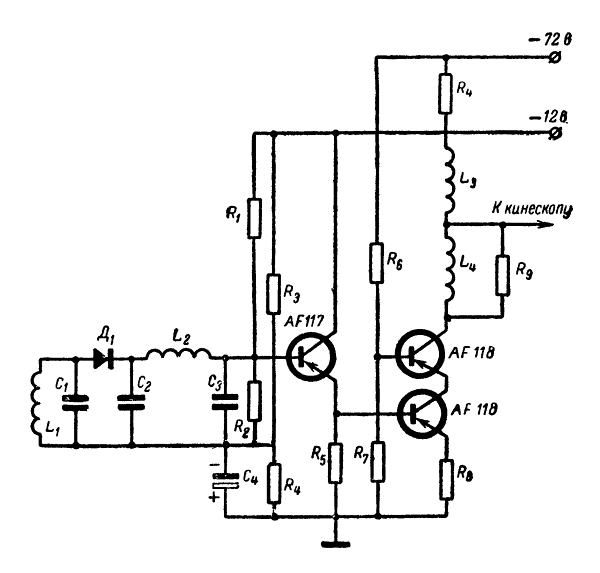


Рис. 46 Схема видеоусилителя с последовательным соединением двух транзисторов в выходном каскаде.

Аналогичным образом, пренебрегая влиянием $r_э$ и задаваясь сопротивлением нагрузки и коэффициентом усиления каскада, несложно определить величину сопротивления обратной связи в эмиттерной цепи

$$R_э = R_н \frac{u_{вх}}{u_{вых}}.$$

Высокочастотный дроссель L_3 включен между эмиттером транзистора T_1 и базой транзистора T_2 для получения последовательной индуктивной коррекции. Катушки индуктивности включены в коллекторную цепь выходного транзистора для получения параллельной индуктивной коррекции.

Применение этой коррекции позволяет улучшить частотную характеристику в области высоких частот.

В случае отсутствия транзисторов с высоким значением предельного напряжения на коллекторе, пригодных для выходного каскада видеоусилителя, можно выйти из положения, включив два последовательно соединенных транзистора Схема для этого случая приведена на рис. 46.

В заключение этой главы рассмотрим еще одну схему видеоусилителя (рис. 47) на отечественных транзисторах П502В.

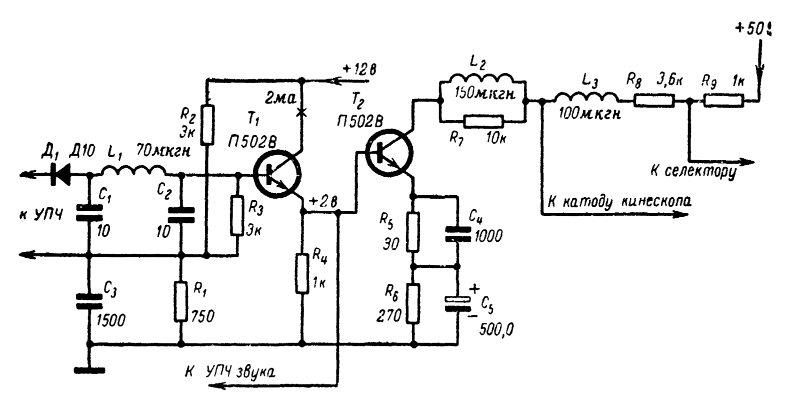


Рис. 47. Схема видеоусилителя на транзисторах П502В.

Первый каскад видеоусилителя собран по схеме с ОК, а второй — с ОЭ. Это облегчает условия согласования с видеодетектором и позволяет получить достаточное усиление. Нагрузкой оконечного каскада служит резистор R_8 Для получения необходимой полосы пропускания в эмиттерной цепи транзистора T_2 применена отрицательная обратная связь, а в его коллекторную цепь введена высокочастотная коррекция Непосредственная связь между каскадами позволяет сохранить постоянную составляющую видеосигнала. Питание видеоусилителя производится от двух источников напряжением 12 и 50 *в*.

Глава шестая

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ

В телевизионном приемнике в канале изображения используется амплитудный детектор, а в канале звукового сопровождения — частотный детектор. Детектор должен обеспечивать наибольший коэффициент передачи напряжения при максимальном входном сопротивлении и минимальных искажениях Коэффициент передачи напряжения детектора существенно влияет на общее усиление радиотракта телевизора.

Входное сопротивление детектора является комплексной величиной Его можно представить в виде параллельного соединения входной емкости $C_{вх}$, и активного входного сопротивления $R_{вх}$. Чем меньше входное сопротивление детектора, тем сильнее оно шунтирует контур промежуточной частоты, питающий детектор, и тем меньший коэффициент передачи детектора можно получить.

Частотные и нелинейные искажения имеют существенное значение для амплитудных детекторов. Для частотных детекторов существенное значение имеет величина паразитной амплитудной модуляции.

Минимальное значение напряжения промежуточной частоты на выходе детектора зависит от качества фильтра, стоящего за ним. Коэффициент фильтрации определяется как отношение выходного напряжения высокой частоты к входному.

В детекторных каскадах канала изображения и звукового сопровождения используются полупроводниковые диоды типа Д2, Д9, Д10 и др. Процесс детектирования на полупроводниковом диоде осуществляется за счет нелинейного характера *p-n* перехода. Диоды можно охарактеризовать следующими основными параметрами: $U_{пр}$ — падение напряжения на диоде при постоянном прямом токе; $U_{обр}$ — падение напряжения на диоде при постоянном обратном токе; $I_{обр}$ — постоянный обратный ток; $C_{д}$ — емкость между выводами диода при заданном напряжении смещения; Δf — диапазон частот.

АМПЛИТУДНЫЙ ДЕТЕКТОР

В качестве амплитудного детектора практически используются две схемы: последовательный детектор (рис. 48, *а*) и параллельный (рис. 48, *б*). В канале изображения транзисторных телевизоров чаще всего используется схема последовательного детектора.

Коэффициент передачи последовательного детектора невелик и зависит от сопротивления нагрузки, амплитуды входного сигнала и величины входного сопротивления. Входное сопротивление последовательного детектора определяется выражением

$$R_{вх} = \frac{R_{н} R_{обр}}{R_{н} + 2R_{обр}},$$

где $R_{н}$ — полное сопротивление резистора нагрузки, *ом*;
$R_{обр}$ — обратное сопротивление диода, *ом*.

Входное сопротивление, а соответственно и коэффициент передачи детектора существенно зависят от обратного сопротивления диода.

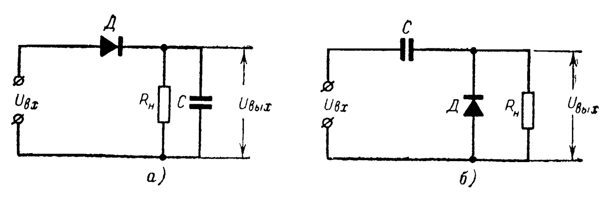


Рис. 48. Схемы амплитудных детекторов.
а — последовательный детектор, *б* — параллельный детектор.

Для получения большого $R_{вх}$ целесообразно выбрать диод с большим $R_{обр}$. Обратное сопротивление зависит от величины подводимого напряжения и температуры окружающей среды. Следовательно, и $R_{вх}$ также зависит от этих величин. С увеличением амплитуды входного сигнала $R_{вх}$ возрастает. Например, диоды Д9 имеют при температуре +20° С входное сопротивление равное примерно 9 *ком* при входном сигнале порядка 0,1 *в* При увеличении входного сигнала в 10 раз $R_{вх}$ увеличивается примерно в 4 раза. С ростом температуры окружающей среды $R_{вх}$ резко уменьшается. Это объясняется тем, что при увеличении температуры резко увеличивается величина обратного тока. Это влечет за собой уменьшение величины обратного сопротивления и соответственно $R_{вх}$.

Частотные искажения в диодных детекторах обычно небольшие. Нелинейные искажения могут возникать вследствие нелинейного характера характеристики диода, а также вследствие комплексного характера нагрузки детектора.

РАСЧЕТ АМПЛИТУДНОГО ДЕТЕКТОРА

Для расчета диодного детектора необходимы следующие исходные данные: промежуточная частота сигнала изображения $f_{ПЧ\,из}$, нижняя и верхняя модулирующие частоты $F_н$ и $F_в$, допустимые частотные искажения, входное сопротивление детектора $R_{вх}$ и входное сопротивление видеоусилителя

В процессе расчета нужно определить: сопротивление нагрузки $R_н$, емкость фильтра промежуточной частоты $C_н$, коэффициент передачи по напряжению $K_д$, амплитудное значение выходного напряжения детектора $u_{вых}$.

Расчет амплитудного детектора проводим в следующем порядке.

1. Выбираем тип полупроводникового диода.

2. По данным, приведенным в справочниках, определяем величину $R_{обр}$

3. Определяем полное сопротивление нагрузки, пользуясь выражением

$$R_н = \frac{2R_{вх}R_{обр}}{R_{обр} - R_{вх}}.$$

Сопротивление нагрузки обычно составляет 3—5 *ком.* С увеличением его величины возрастает усиление, но одновременно снижается четкость изображения. Это объясняется тем, что с ростом $R_н$ составляющие высших частот сигнала изображения отфильтровываются конденсатором $C_н$ и не попадают на вход видеоусилителя.

4. Определяем емкость конденсатора $C_н$, включенного параллельно нагрузке $R_н$, из условия отсутствия частотных и нелинейных искажений

$$C_н \leqslant \frac{\sqrt{1 - m^2}}{2\pi F_в R_н m},$$

где m — глубина модуляции, равная 0,8—0,9;

$$C_н \geqslant 10C_д.$$

Следует отметить, что если емкость нагрузки выбрать очень малой, то сопротивление этой емкости токам промежуточной частоты будет большое

В этом случае ухудшится фильтрация составляющих промежуточной частоты и уменьшится коэффициент передачи детектора. С другой стороны слишком большая емкость может привести к завалу частотной характеристики детектора в области высших частот. При этом отфильтруются не только токи промежуточной частоты, но и высшие частоты сигнала изображения, т. е. понизится четкость изображения. Практически $C_н$ лежит в пределах 6—10 *пф*. В последнее время для улучшения характеристики детектора в дополнение к $C_н$ добавляется Г-образный фильтр, состоящий из высокочастотного дросселя индуктивностью 50—80 *мкгн* и емкости 6—10 *пф*.

5. Определяем подводимое к детектору напряжение. Оно определяется на основе предварительного расчета радиотракта телевизора.

6. По детекторным характеристикам для данного подводимого напряжения определяем внутренние параметры детектора: $\mu_д$ — внутренний коэффициент усиления, $S_д$ — крутизну характеристики и $R_д$ — внутреннее сопротивление.

7. Определяем значение коэффициента передачи детектора по напряжению

$$K_д = \frac{\mu_д R_н}{R_н + R_д} .$$

8. Определяем выходное напряжение продетектированного сигнала

$$u_{вых} = K_д m u_{вх} .$$

ЧАСТОТНЫЙ ДЕТЕКТОР

Частотный детектор должен удовлетворять следующим требованиям: частотные изменения сигнала должны быть преобразованы в амплитудные, между изменениями частоты сигнала и амплитуды должна сохраняться прямо пропорциональная зависимость, должен обеспечиваться низкий уровень нелинейных искажений, должна обеспечиваться хорошая чувствительность.

Детектирование сигналов, модулированных по частоте, осуществляется различными схемами, к числу которых относятся одноконтурный детектор, двухконтурный детектор, фазовый дискриминатор, детектор отношений и другие схемы. Из них в канале звукового сопровождения телевизоров наиболее часто используются фазовый дискриминатор и детектор отношений.

ПРАКТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

На рис. 49 приведена схема амплитудного детектора телевизора «Astronaut». Сигнал промежуточной частоты со вторичной обмотки контура УПЧ L_2 подается на полупроводниковый диод $Д_1$. На выходе детектора включен П-образный фильтр промежуточной частоты сигналов изображения $C_4L_3C_5$. Нагрузкой детектора служит резистор R_1. Последовательно с ним включен дроссель L_5, позволяющий улучшить частотную характеристику детектора в области высоких

частот сигнала изображения. Для уменьшения нелинейных искажений на диод с делителя напряжения R_2R_3 подается небольшое постоянное напряжение порядка 0,4 *в*, смещающее рабочую точку детектора на линейный участок его вольт-амперной характеристики. Дроссель L_4 и конденсаторы C_3, C_6 служат для развязки в цепи питания детектора Первый каскад видеоусилителя благодаря включению по схеме с ОК имеет большое входное сопротивление. Во избежание наводок на входные цепи УПЧ выходной контур УПЧ и часть деталей детекторного каскада тщательно экранируются.

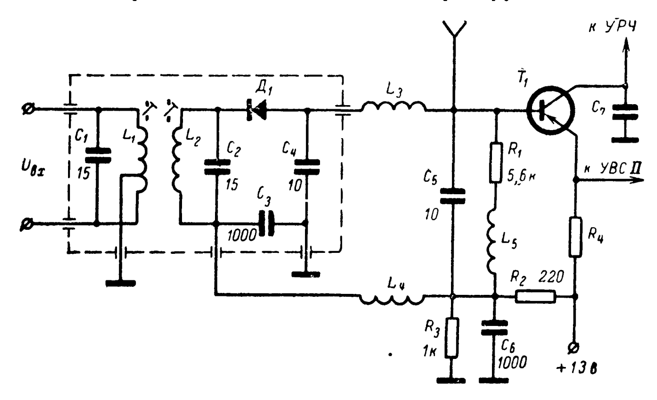


Рис. 49. Амплитудный детектор телевизора «Astronaut».

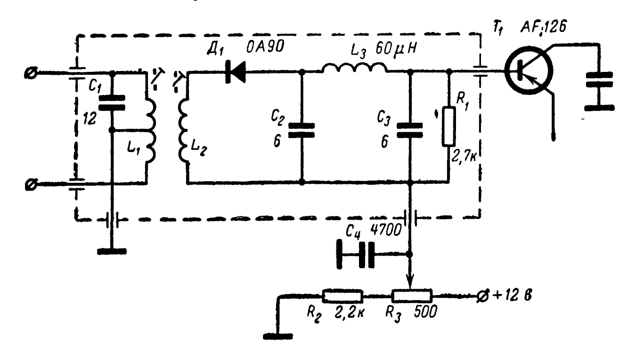


Рис. 50 Амплитудный детектор телевизора «Transvisa»

Другая более простая схема амплитудного детектора приведена на рис. 50 Упрощение достигается за счет уменьшения числа дросселей и конденсаторов. Сопротивление нагрузки здесь примерно в 2 раза меньше. Кроме того, экранируются все детали детекторного каскада.

Рассмотрим практическую схему частотного детектора, которая входит в схему канала звукового сопровождения японского телеви-

зора 8-301 фирмы «Sony» (рис. 33). Частотный детектор собран по схеме обычного фазового детектора. Напряжение, модулированное по частоте, снимается с фазосдвигающего трансформатора $Тр_3$ и прикладывается к диодам $Д_1$ и $Д_2$ Нагрузкой диодов служат сопротивления R_{10} и R_{11}, зашунтированные емкостями $C_{15}C_{16}$. В качестве емкости связи используется конденсатор C_8. Для прохождения постоянной составляющей токов диодов включен дроссель L_1. Напряжение низкой частоты снимается с потенциометра R_{13}.

Другая схема, где частотный детектор собран по схеме детектора отношений, приведена на рис. 32. Эта схема используется в телевизоре «Astronaut». Напряжение с первичного контура снимается через индуктивность L_5. Диоды $Д_1$, $Д_2$ включены по постоянному току последовательно Конденсатор C_7 имеет емкость 10,0 *мкф*. Сигнал низкой частоты снимается с дросселя L_5 через корректирующий фильтр R_5C_8.

Глава седьмая

СТРОЧНАЯ РАЗВЕРТКА

Строчная развертка предназначена для отклонения луча кинескопа по горизонтали и получения высокого ускоряющего напряжения. Скелетная схема блока строчной развертки транзисторного телевизора показана на рис. 51.

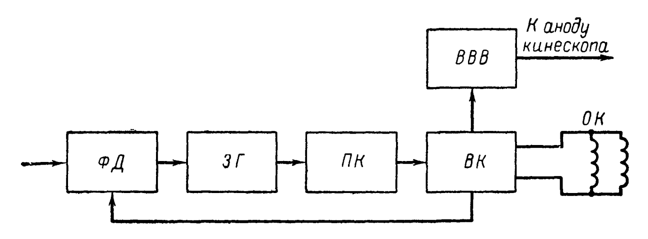


Рис. 51. Скелетная схема строчной развертки.

Импульсы строчной синхронизации, поступающие на вход фазового детектора (*ФД*), сравниваются с пилообразными импульсами, снятыми с выходного каскада строчной развертки (*ВК*). В результате этого вырабатывается управляющее напряжение, которое подается на задающий генератор строк (*ЗГ*). В задающем генераторе вырабатываются импульсы, управляющие работой генератора пилообразного тока. Так как мощность задающего генератора обычно недостаточна для раскачки выходного каскада, то между ними установлен промежуточный предвыходной каскад (*ПК*). Выходной каскад (*ВК*) вырабатывает ток пилообразной формы, а возникающие в выходном трансформаторе импульсы обратного хода питают высоковольтный выпрямитель (*ВВВ*). Пилообразный ток подается в отклоняющие катушки (*ОК*), а высокое напряжение с выхода высоковольтного выпрямителя — на второй анод кинескопа.

ВЫХОДНОЙ КАСКАД

Выходной каскад строчной развертки состоит из генератора пилообразного тока, отклоняющей системы и генератора ускоряющего напряжения кинескопа Построение генератора можно осуществить

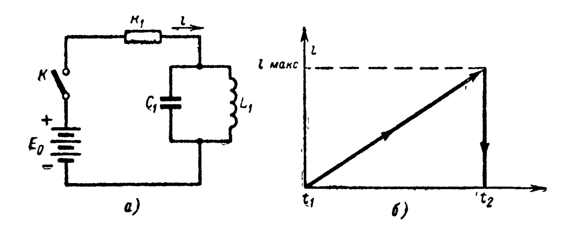
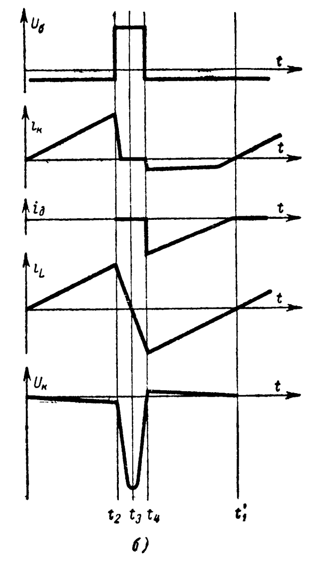


Рис. 52. Идеализированная схема строчной развертки.

а — схема с двусторонним ключом; *б* — зависимость отклоняющего тока от времени.

несколькими способами, к числу которых относятся схема проф. С. И. Катаева, схема Гуджи, схема с двусторонним ключом и др. Наиболее проста и экономична схема с двусторонним ключом. Эта схема в идеализириванном виде и зависимость тока от времени представлены на рис. 52. Под индуктивностью L_1 здесь понимается индуктивность строчных отклоняющих катушек, емкость C_1 представляет собой междувитковую емкость, а сопротивление R_1 — собственное активное сопротивление обмотки и соединительных проводов. В практических схемах транзистор лишь приближенно может удовлетворять требованиям идеального ключа. Так как имеющиеся в настоящее время транзисторы несимметричны, то в дополнение к транзистору включается демпферный диод, через который протекает часть тока



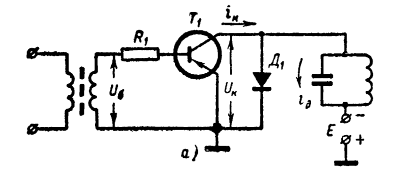


Рис. 53. Генератор пилообразного тока строчной развертки.

а — схема выходного каскада в общем виде; *б* — эпюры напряжения и тока на элементах выходного каскада.

во время первой половины прямого хода развертки. Схема выходного каскада в общем виде и графики напряжений и токов на ее элементах показаны на рис. 53.

В течение прямого хода между базой и эмиттером транзистора T_1 приложено напряжение, поддерживающее его в состоянии насыщения (ключ замкнут). В конце прямого хода между базой и эмиттером прикладывается импульс положительной полярности, запирающий транзистор (ключ разомкнут). В момент времени t_4 к базе вновь прикладывается отпирающее отрицательное напряжение, через коллекторную цепь протекает обратный ток небольшой величины, а основной ток протекает через диод $Д_1$. Затем весь цикл повторяется

Проведенный анализ позволяет определить требования, предъявляемые к транзистору для выходного каскада. Как известно, выбор типа кинескопа определяет геометрические размеры и число ампер-витков отклоняющей системы. Связь между параметрами кинескопа и характеристиками отклоняющей системы определяется выражением

$$I_{р} = \frac{3,5dh_{Г}}{Hl}\sqrt{U_{а}},$$

где $I_{р}$ — полный размах тока в отклоняющих катушках; d — диаметр горловины кинескопа; $U_{а}$ — ускоряющее напряжение кинескопа; l — расстояние от центра катушек до горловины трубки; $h_{Г}$ — размер растра по горизонтали кинескопа; H — размер катушки вдоль горловины.

Чем больше угол отклонения луча, тем больший ток должен протекать через отклоняющие катушки. Например, для обеспечения развертки луча в кинескопе с размером экрана по диагонали 47 *см* и углом отклонения луча в 110° полный размах тока в отклоняющих катушках составляет примерно 20 *а*. Так как транзистор пропускает ток только во время второй половины прямого хода, то максимальный ток коллектора равен:

$$I_{к.макс} = \frac{I_{р}}{2}.$$

Максимальное напряжение на коллекторе, как видно из рис. 53, появляется в момент обратного хода. Его можно найти из приближенного выражения

$$U_{к.макс} \approx 10E.$$

Помимо изложенного, выходной транзистор должен иметь малое напряжение насыщения $U_{к.н}$. Это означает, что и сопротивление насыщения должно быть мало. При большом сопротивлении насыщения ухудшается линейность пилообразного тока и увеличиваются потери на разогрев транзистора. Из выпускаемых отечественной промышленностью транзисторов более других для выходного каскада подходит транзистор КТ802 (при отсутствии его можно использовать транзистор П210А). Однако предельное напряжение $U_{к.э}$ его составляет 60 *в*. Поэтому для обеспечения работоспособности выходного каскада практикуется последовательное соединение транзисторов.

Так как полное выходное сопротивление транзисторного каскада много меньше, чем лампового, то допустимо непосредственное под-

ключение отклоняющих катушек к выходному каскаду. При этом нужно обеспечить согласование. У такой схемы к. п. д. значительно выше, чем у схемы с согласующим трансформатором, а схема строчного трансформатора значительно упрощается.

ПРЕДВЫХОДНОЙ КАСКАД

Значительная доля потерь в выходном каскаде возникает за счет медленного переключения выходного транзистора из области насыщения в область отсечки. Ускорить переключение можно при помощи достаточно мощных форсирующих импульсов. Для получения мощных импульсов, используется предвыходной каскад (драйвер).

Принцип работы предвыходного каскада аналогичен выходному каскаду. Согласование его выхода со входом оконечного каскада производится с помощью трансформатора. К транзистору предвыходного каскада предъявляются следующие требования: иметь большой коэффициент усиления β_0, что позволяет снизить требования к выходной мощности задающего генератора, иметь достаточно большое значение f_β, что позволяет получить выходной импульс с крутым фронтом, иметь достаточно большие значения $I_{к.макс}$ и $U_{к.макс}$.

С точки зрения максимального тока и допустимого напряжения для предвыходного каскада могут быть использованы транзисторы П201—П203, П601, П602.

ЗАДАЮЩИЙ ГЕНЕРАТОР

Задающий генератор чаще всего собирается по схеме блокинг-генератора. По принципу работы транзисторный блокинг-генератор незначительно отличается от лампового. В нем могут использоваться транзисторы П14—П16. С задающего генератора снимаются импульсы с размахом по напряжению 5—7 *в*.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ

Для питания современных кинескопов с большим размером экрана (43, 47 *см* по диагонали) требуется высокое ускоряющее напряжение порядка 14—16 *кв*. Максимальное напряжение $U_{к.э}$ (даже в случае двух последовательно соединенных транзисторов) составляет примерно 120 *в*. Следовательно, для получения высокого ускоряющего напряжения необходим трансформатор с коэффициентом трансформации $n = 120—130$. Построение его встречает определенные трудности. Вполне очевидно, что вторичную обмотку нужно делать с большим числом витков. Но в этом случае увеличивается паразитная емкость, что приводит к увеличению времени обратного хода.

Уменьшить число витков нельзя, так как вследствие снижения индуктивности будет шунтироваться отклоняющая система. Выходом из положения является использование ферритовых сердечников с большой магнитной проницаемостью, уменьшение паразитной емкости за счет намотки типа «универсаль» и секционирование ее. Выпрямление высокого ускоряющего напряжения может быть осуществлено с помощью высоковольтных кенотронов, не требующих специального источника для питания накальной цепи.

ПРАКТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

Рассмотрим схему строчной развертки телевизора «Astronaut» (рис. 54). Эта схема интересна тем, что позволяет осуществить горизонтальную развертку 19-дюймового кинескопа* с углом отклонения луча 114° Развертка собрана на пяти экспериментальных транзисторах и демпферном диоде. Задающий генератор (T_1) собран по схеме блокинг-генератора. Обмотки трансформаторов $Тр_1$ включены в базовую и эмиттерную цепи транзистора. На входе схемы включен звенящий контур L_1C_3. Питание транзистора T_1 осуществляется по эмиттерной цепи от положительного полюса источника питания, через резисторы R_6R_4 и эмиттерную обмотку трансформатора. Коллектор транзистора T_1 заземлен через делитель R_7R_8. После блокинг-генератора включен буферный каскад (T_2), предназначенный для уменьшения влияния на задающий генератор импульсов мощных выходных каскадов. Буферный каскад соединяется с предвыходным с помощью переходного трансформатора $Тр_2$, что позволяет получить хорошее согласование.

Предвыходной каскад создает импульс большой мощности для эффективной работы выходного каскада строчной развертки. Оба каскада соединены между собой с помощью согласующего трансформатора $Тр_3$. Для получения одинаковых запирающих импульсов вторичная обмотка этого трансформатора наматывается бифилярно. Выходной каскад собран на двух последовательно соединенных транзисторах. Такая схема позволяет транзисторам выдерживать большое обратное напряжение, достигающее в момент обратного хода величины порядка 160 *в*. Для выравнивания коллекторного напряжения используются емкости $C_{12}C_{13}$. Постоянное смещение тран-

* 1 дюйм = 25,4 *мм*.

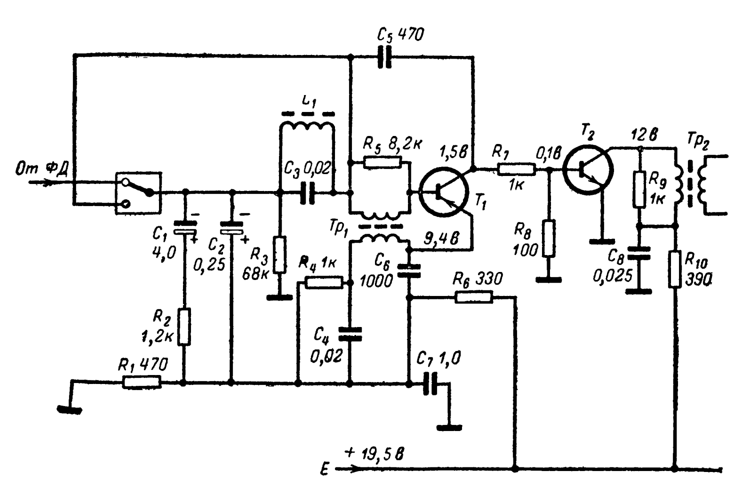
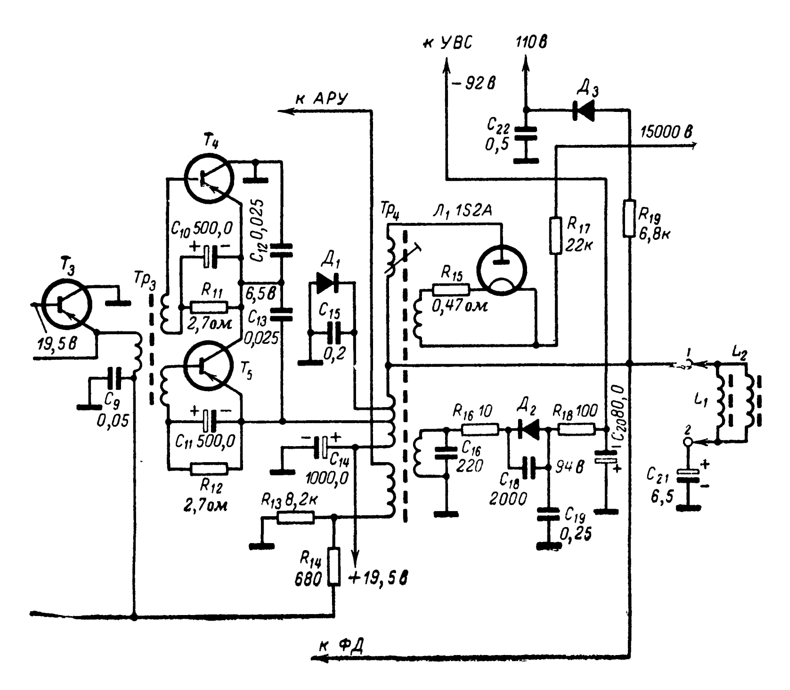


Рис. 54. Практическая схема строчной

зисторов T_4T_5 выбрано таким образом, чтобы при отсутствии запирающих импульсов вводить их в область насыщения Величина смещения подбирается с помощью резисторов $R_{11}R_{12}$. При увеличении смещения мощность запирающего импульса, поступающего с предвыходного каскада, должна возрастать; при уменьшении выходные транзисторы не насыщаются, увеличивается внутреннее сопротивление и возрастают потери. Для сглаживания пульсаций резисторы $R_{11}R_{12}$ зашунтированы конденсаторами $C_{10}C_{11}$.

Высокое ускоряющее напряжение порядка 15 *кв* получается с помощью выходного строчного трансформатора $Тр_4$ и высоковольтного кенотрона $Л_1$. С помощью дополнительной обмотки на строчном трансформаторе диода $Д_2$ и сглаживающего фильтра $C_{19}R_{18}C_{20}$ вырабатывается постоянное напряжение порядка 92 *в* для питания выходного каскада видеоусилителя. Напряжение строчной пилы, выпрямленное диодом $Д_3$, используется для питания фокусирующего электрода кинескопа и цепи регулировки яркостью. Величина этого напряжения равна 100—115 *в*. Размах тока в отклоняющих катушках составляет 17—18 *а*. Для уменьшения сечения провода обмотки отклоняющие катушки (L_1L_2) включены параллельно. Регулировка размера растра по горизонтали осуществляется за счет изменения зазора в магнитопроводе трансформатора $Тр_4$.



развертки телевизора «Astronaut».

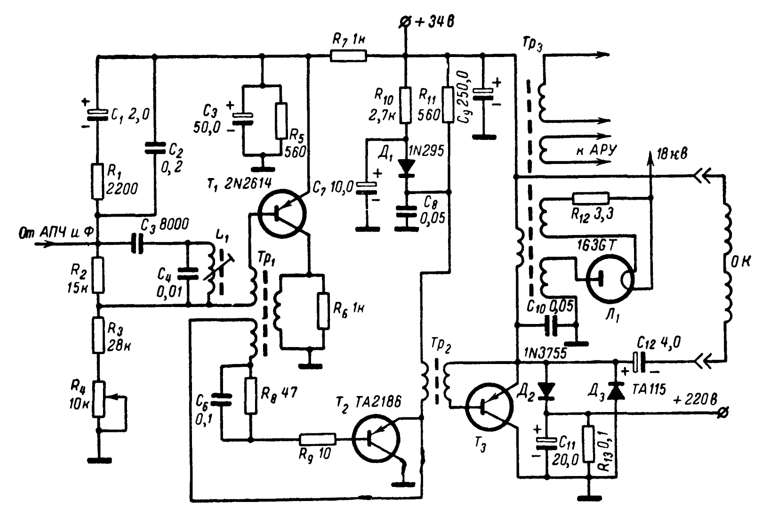


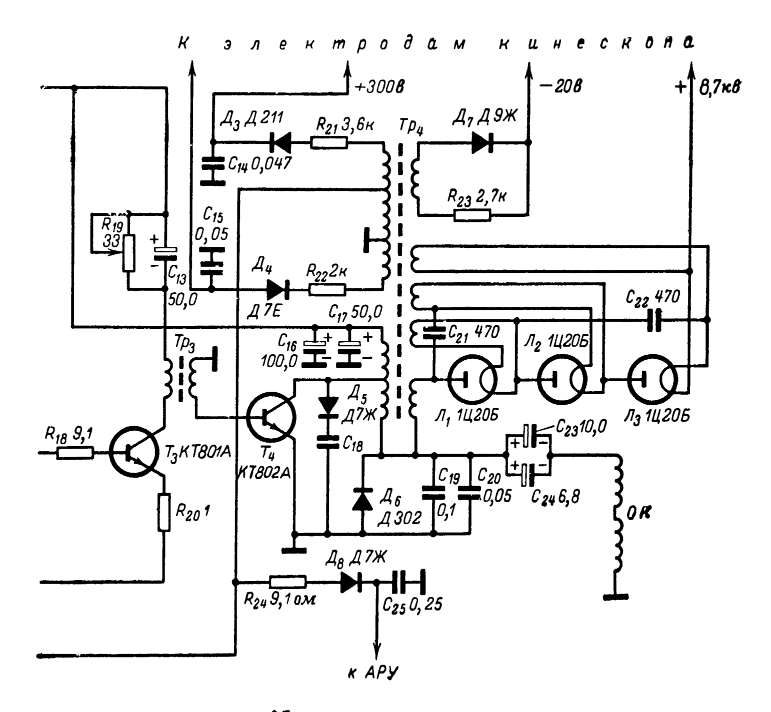
Рис. 55. Практическая схема строчной развертки.

Рис. 56. Схема строчной раз

Рассмотрим еще одну схему строчной развертки 19-дюймового кинескопа с углом отклонения 114° (рис. 55). Эта схема собрана на трех транзисторах типа *р-п-р*, трех диодах и высоковольтном кенотроне.

Задающий каскад выполнен на транзисторе T_1 по схеме блокинг-генератора. На входе задающего каскада включен звенящий контур L_1C_4. Синхронизация блокинг-генератора осуществляется от схемы АПЧ и Ф. Предвыходной каскад собран на транзисторе T_2.

Для получения на входе транзистора T_3 большого импульса тока при малом времени запирания, обмотки межкаскадного трансформатора Tp_2 должны иметь большой коэффициент связи. Цепочка $R_{11}C_8$ позволяет увеличить амплитуду (3 *а*) и время нарастания запирающего импульса (2 *мксек*). Амплитуда отпирающего импульса уменьшается от 650 (вначале) до 500 *ма* (в конце). Длительность импульса равна 45 *мксек*. Коллекторы предвыходного, выходного транзисторов и анод диода $Д_3$ заземлены по постоянному и переменному току. Нагрузкой выходного каскада служит строчной трансформатор, включенный в эмиттерную цепь транзистора T_3. Ускоряющее напряжение, необходимое для питания второго анода кинескопа.



вертки телевизора «Юность».

получается за счет выпрямления импульсов напряжения, снимаемых с повышающей обмотки строчного трансформатора (высоковольтный кенотрон $Л_1$). Величина ускоряющего напряжения составляет 18 000 *в*. Кроме того, со строчного трансформатора снимаются гасящие импульсы, стробирующий импульс для запуска АРУ и сигнал для АПЧ и Ф.

Пилообразный ток строчной развертки снимается с эмиттера транзистора T_3 и подается в отклоняющие катушки через конденсатор C_{12}, улучшающий линейность пилообразного тока.

Для защиты транзистора выходного каскада от перегрузки по току (в случае кратковременного пробоя электронной пушки кинескопа) используется диод $Д_2$ и конденсатор C_{11}, включенные в эмиттерную цепь транзистора T_3.

Все мощные транзисторы установлены непосредственно на шасси телевизора, которое служит им теплоотводом. Мощность рассеиваемая на выходном транзисторе, составляет примерно 1,5 *вт*, на демпферном диоде 0,5 *вт*, на предконечном транзисторе 0,1 *вт*.

Большой интерес представляет схема строчной развертки телевизора «Юность» (рис. 56).

Эта схема выполнена на четырех транзисторах. Задающий каскад собран на транзисторе T_1 по схеме блокинг-генератора. Обмотки трансформатора $Тр_1$ включены в базовую и эмиттерную цепи транзистора. Питание транзистора T_1 осуществляется по эмиттерной цепи. Частота собственных колебаний блокинг-генератора определяется цепочкой R_{10}, C_{10}. Для подстройки частоты строк имеется два переменных резистора R_1 («Частота строк») и R_2 («Частота строк грубо»).

Синхронизация задающего генератора осуществляется с помощью системы АПЧ и Ф, собранной на диодах $Д_1$, $Д_2$. В коллекторную цепь транзистора T_1 включен делитель из резисторов $R_{14}R_{15}$, с которого импульс строчной развертки подается на буферный каскад T_2. Эмиттер транзистора соединен с шасси телевизора, а в коллекторной цепи включен переходной трансформатор $Тр_2$. Со вторичной обмотки этого трансформатора через резистор R_{18} сигнал поступает в базовую цепь транзистора T_3. На нем собран предвыходной каскад строчной развертки.

Усилительный предвыходной и выходной транзисторы соединены между собой с помощью переходного трансформатора $Тр_3$. Выходной каскад собран на транзисторе T_4. Работой его управляет строчной импульс, поступающий в базовую цепь со вторичной обмотки трансформатора $Тр_3$.

Питание выходного каскада осуществляется по коллекторной цепи. Настройка коллекторной цепи на заданную длительность обратного хода строчной развертки производится подбором конденсаторов C_{19} и C_{20}. Строчный трансформатор $Тр_4$ включен в коллекторную цепь транзистора. Напряжение, возникающее на его обмотках, используется для питания отклоняющих катушек, цепей АРУ, АПЧ и Ф для гашения обратного хода по строкам, а также для питания высоковольтных кенотронов $Л_1Л_2Л_3$, включенных по схеме утроения выпрямленного напряжения. Кроме того, за счет выпрямления импульсов строчной развертки можно получить дополнительные постоянные напряжения для видеоусилителя и для питания кинескопа.

Глава восьмая

ЦЕПИ СИНХРОНИЗАЦИИ И КАДРОВАЯ РАЗВЕРТКА

ЦЕПИ СИНХРОНИЗАЦИИ

Цепи синхронизации транзисторного телевизора состоят из амплитудного селектора, усилителя синхроимпульсов, устройства автоподстройки частоты и фазы строчной развертки и цепей отделения и усиления кадровых синхроимпульсов.

Амплитудный селектор служит для отделения импульсов синхронизации от полного телевизионного сигнала и передачи их в последующие цепи с минимальным уровнем шумов и импульсных помех. Упрощенная схема амплитудного селектора в общем виде приведена на транзисторе T_1 на рис. 57.

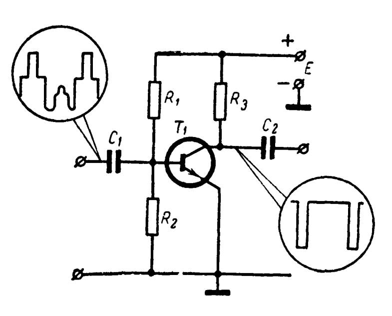


Рис. 57. Упрощенная схема амплитудного селектора.

Сигнал, подаваемый на вход амплитудного селектора, может быть взят с любой точки после видеодетектора, но обычно он берется с выхода видеоусилителя, где размах сигнала достаточно велик. Для получения эффективного усиления синхроимпульсов транзисторы должны иметь коэффициент усиления $\beta_0 = 30 \div 60$. Чтобы обеспечить устойчивую синхронизацию, нужно правильно выбрать место снятия видеосигнала, подаваемого на вход амплитудного селектора. В этой точке величина импульсов синхронизации не должна изменяться.

Для обеспечения качественной синхронизации существенное значение имеет хорошее согласование сравнительно низкоомного входа амплитудного селектора с цепями видеоусилителя. С этой целью можно снимать сигнал не с полной нагрузки видеоусилителя, а с части его. Схема соединения видеоусилителя с амплитудным селектором в общем виде показана на рис. 58 Для того чтобы входная емкость амплитудного селектора совместно с емкостью монтажа не шунтировала выход видеоусилителя и не уменьшала усиления в области высоких частот, включается дополнительный резистор R_5. Цепочка R_6C_3 предназначена для защиты цепей синхронизации от импульсных помех малой длительности. Учитывая рабочую область входных характеристик транзистора, рекомендуется на вход амплитудного селектора подавать не полный телевизионный сигнал, а частично ограниченный. С этой целью на входе селектора можно включить полупроводниковый диод Режим используемого в селекторе транзистора по постоянному току выбирается таким, чтобы синхроимпульсы отделялись от полного видеосигнала за счет отсечки коллекторного тока и ограничивались сверху при насыщении

транзистора. На выходе амплитудного селектора синхросмесь, состоящая из строчных и кадровых синхроимпульсов, разделяется по двум каналам. Строчные синхроимпульсы подаются на блок развертки по строкам. Кадровые — на блок развертки по кадрам. Это

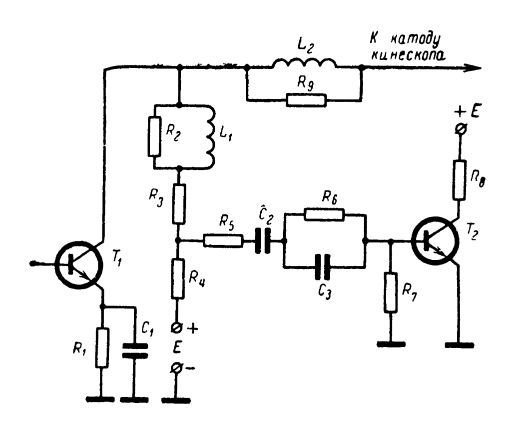


Рис. 58. Схема соединения амплитудного селектора с видеоусилителем.

разделение возможно, благодаря тому, что синхроимпульсы отличаются друг от друга длительностью и частотой следования.

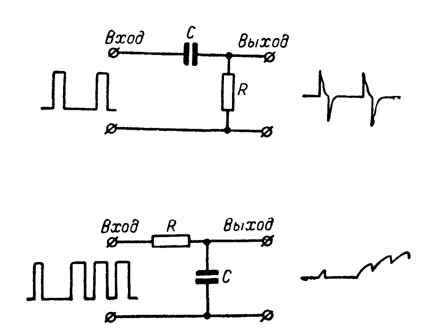


Рис. 59. Дифференцирующая и интегрирующая цепочки.

Простейшим способом разделить строчные и кадровые синхроимпульсы можно с помощью дифференцирующей и интегрирующей цепочек (рис. 59). В современных транзисторных телевизорах для синхронизации строчной развертки применяется система АПЧ и Ф. На вход сбалансированного фазового детектора необходимо подавать импульсы разной полярности и одинаковой величины и формы. Для этого применяют усилители - фазоинверторы с включением разделенной нагрузки в коллекторную и эмиттерную цепи. Синхронизация кадровой развертки обычно осуществляется с помощью интегрирующей цепочки. Число звеньев (одно, два или три) определяется из условия получения требуемой амплитуды кадрового синхроимпульса и наилучшего подавления строчных синхроимпульсов.

Кадровые синхроимпульсы можно снять с усилителя фазоинвертора. В зависимости от полярности синхроимпульсов, необходимых для синхронизации кадровой развертки, интегрирующая цепочка включается в коллекторную или эмиттерную цепи. Для уменьшения взаимного влияния строчных и кадровых синхроимпульсов можно между амплитудным селектором и фазоинвертором включить дополнительный буферный каскад и с него снимать кадровые синхроимпульсы. Практическая схема цепей синхронизации показана на рис. 60.

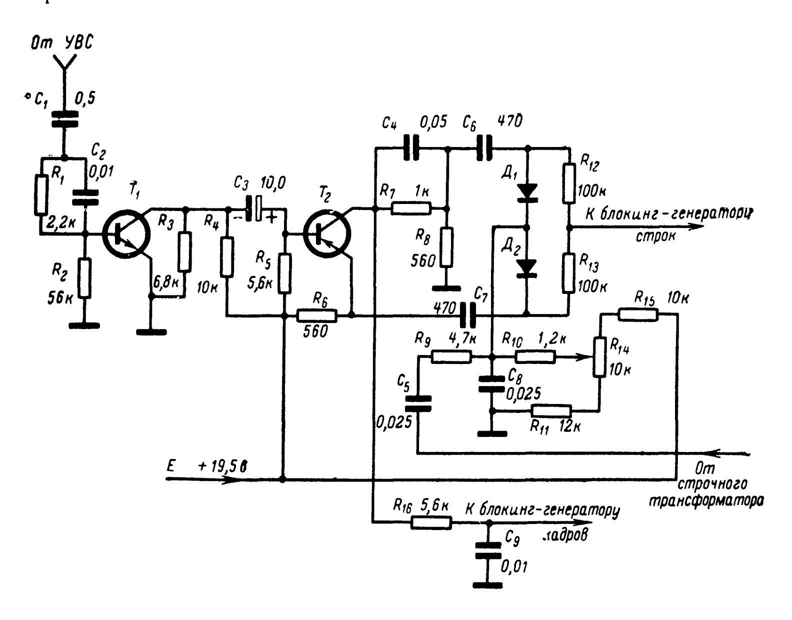


Рис. 60. Схема цепей синхронизации телевизора «Astronaut».

На вход амплитудного селектора T_1 поступает полный телевизионный сигнал, снимаемый с части нагрузки видеоусилителя. Цепочка R_1C_2 позволяет уменьшить кратковременные импульсные помехи.

Транзистор T_1 включен по схеме с ОЭ и его режим по постоянному току выбран таким, что усиливаются только импульсы синхронизации. Строчные и кадровые синхроимпульсы снимаются с нагрузки в цепи коллектора и через емкость C_3 поступают на вход фазоинвертора T_2. Транзистор T_2 также включен по схеме ОЭ и содержит одинаковые сопротивления нагрузки в коллекторной и эмиттерной цепях (резисторы R_8R_6). К выходу фазоинвертора подсоединен фазовый детектор, собранный на диодах $Д_1Д_2$. На него поступают строчные синхроимпульсы, сдвинутые по фазе на 180°, и напряжение пилообразной формы, снимаемое с одной из обмоток строчного трансформатора. На выходе фазового детектора выраба-

тывается управляющее напряжение, поступающее в цепь базы транзистора задающего генератора строк. Импульсы кадровой синхронизации снимаются с коллекторной нагрузки транзистора T_2 и через интегрирующую цепочку $R_{16}C_9$ подаются на вход блокинг-генератора кадров. Питание T_1 и T_2 по постоянному току осуществляется от положительного полюса источника питания.

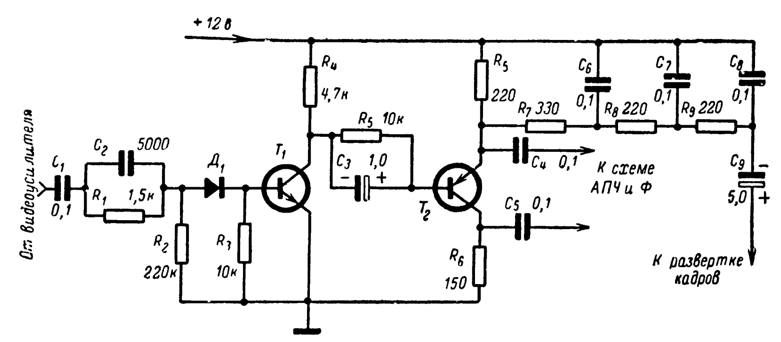


Рис. 61. Схема цепей синхронизации телевизора типа 8-301 фирмы «Sony».

На рис. 61 приведена другая схема цепей синхронизации. В ней на транзисторе T_1 собран амплитудный селектор, а на T_2 — усилитель синхроимпульсов с разделенной нагрузкой. С этого каскада строчные импульсы в противофазе подаются на систему АПЧ и Ф, а кадровые синхроимпульсы снимаются с эмиттера транзистора T_2 через трехзвенную интегрирующую цепочку. Назначение остальных деталей такое же, как и в схеме, показанной на рис. 60.

КАДРОВАЯ РАЗВЕРТКА

Кадровую развертку транзисторного телевизора можно построить на двух, трех или четырех транзисторах. Увеличение числа каскадов связано с увеличением угла отклонения кинескопа и с требованиями, предъявляемыми к качественным характеристикам развертки.

Выходной каскад кадровой развертки должен обеспечить хорошее усиление по току кадровой пилы при малых нелинейных искажениях. Для обеспечения этого в нем используется однотактная схема, работающая в режиме *А*, и применяется отрицательная обратная связь.

Выходное сопротивление транзисторного каскада намного меньше лампового. Поэтому для согласования выходного каскада с низкоомными кадровыми отклоняющими катушками можно было бы применить непосредственную связь (рис. 62, *а*). Но так как в этом случае через отклоняющие катушки пройдет постоянный ток от источника питания, что вызовет большие потери мощности и значительное смещение растра, выходной каскад кадровой развертки конструируют, используя схему параллельного питания (рис. 62, *б*).

В этом случае постоянная составляющая коллекторного тока проходит через дроссель $Др_1$, а кадровая пила поступает в отклоняющие катушки через конденсатор большой емкости C_1. Для коррекции нелинейности кадровой пилы обычно используется отрицательная обратная связь. В выходном каскаде могут быть использованы низкочастотные транзисторы типа П201—П203, П601, П602 и др.

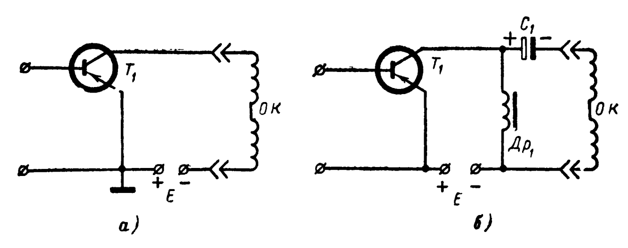


Рис. 62 Принципиальная схема выходного каскада кадровой развертки.

а — с непосредственной связью, *б* — с параллельным питанием.

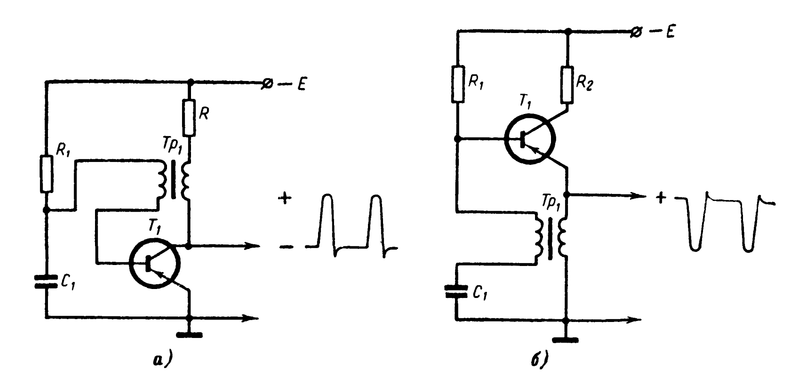


Рис. 63. Принципиальная схема блокинг-генератора.

а — с коллекторно-базовой связью; *б* — с эмиттерно-базовой связью.

В качестве задающего генератора кадровой развертки может быть использован блокинг-генератор или мультивибратор. Так как блокинг-генератор позволяет получить лучшую стабильность, он применяется чаще. Блокинг-генератор может быть с коллекторно-базовой связью (рис. 63, *а*) и с эмиттерно-базовой связью (рис. 63, *б*). В задающем каскаде строчной развертки могут быть использованы транзисторы П26, П16, 1Т403А.

Практическая схема кадровой развертки показана на рис. 64. Кадровый синхроимпульс интегрируется цепочкой R_1C_1 и через диод $Д_1$ подается на третью обмотку трансформатора блокинг-генератора кадров. Блокинг-генератор вырабатывает управляющие

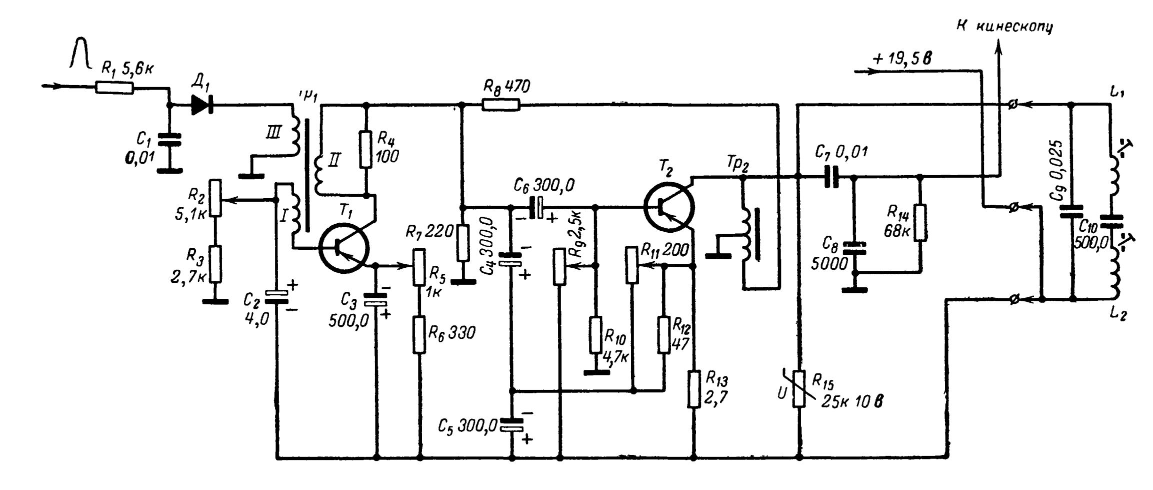


Рис. 64. Схема кадровой развертки телевизора ««Astronaut».

импульсы, которые через цепочку R_7C_6 подаются на выходной каскад, который работает в режиме *A*.

Питание выходного каскада по постоянному току осуществляется по эмиттерной цепи через резистор R_{13}. Для улучшения линейности кадровой пилы выходной каскад охвачен отрицательной обратной связью. Частота кадровой развертки регулируется с помощью резистора R_2, включенного в базовую цепь задающего генератора. Размер по кадрам регулируется резистором R_5, включенным в эмиттерную цепь транзистора T_1. Линейность по кадрам регулируется резистором R_9 и R_{11} При помощи переменного резистора R_9 подбирается рабочая точка выходного транзистора по постоянному току, а резистором R_{11} регулируется линейность пилы по цепи отрицательной обратной связи. Кадровые отклоняющие катушки включены в коллекторную цепь выходного каскада. Параллельно отклоняющим катушкам включен варистор R_{15}, предохраняющий выходной транзистор от пробоя.

Глава девятая

ЦЕПИ ПИТАНИЯ

Для обеспечения нормальной работоспособности всех узлов транзисторного телевизора необходимо иметь различные по величине напряжения от 6 *в* до 16 *кв* (рис. 65).

Получение этих напряжений в транзисторном телевизоре осуществляется различными способами. Низковольтное питание 6—24 *в*

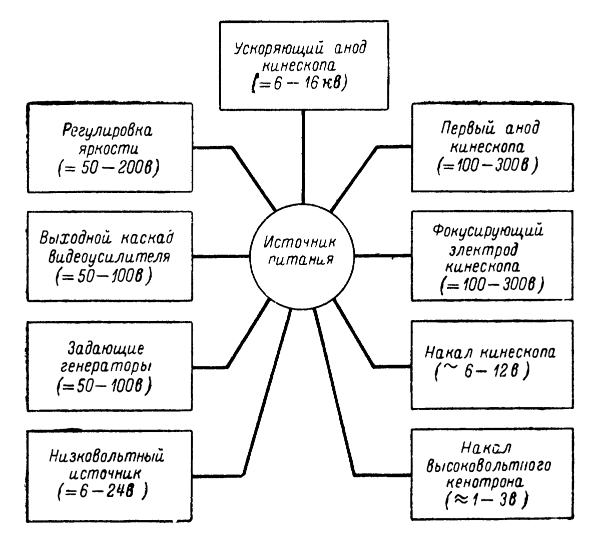


Рис. 65. Схема питающих напряжений транзисторного телевизора.

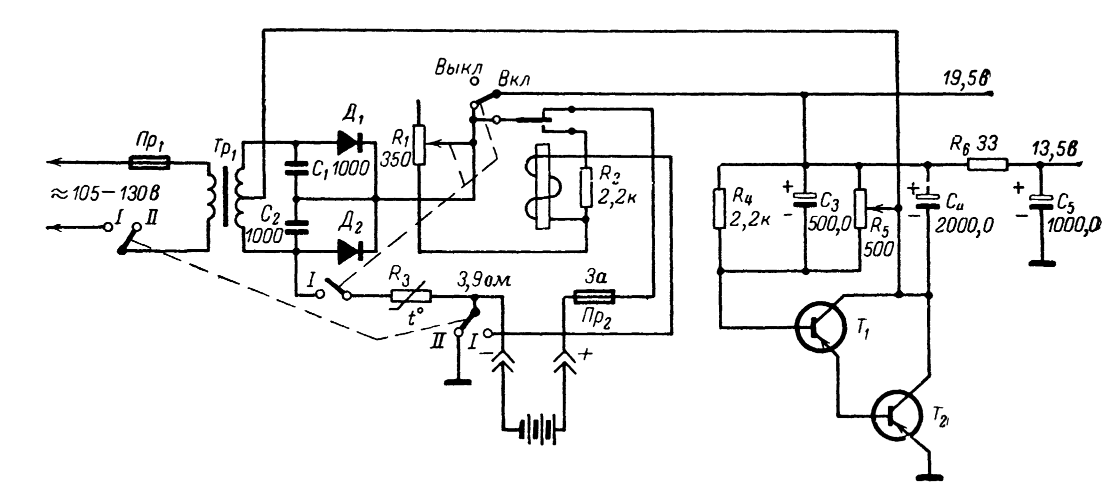


Рис. 66. Схема блока питания телевизора «Astronaut».

обычно снимается с блока питания телевизора, остальные напряжения вырабатываются в выходном каскаде строчной развертки.

Общее питание транзисторного телевизора осуществляется от сети переменного тока, автомобильных и других аккумуляторов или батарей.

Практическая схема блока питания показана на рис. 66. Блок питания получает энергию от сети переменного тока или от собственного серебряно-кадмиевого аккумулятора. После полного заряда

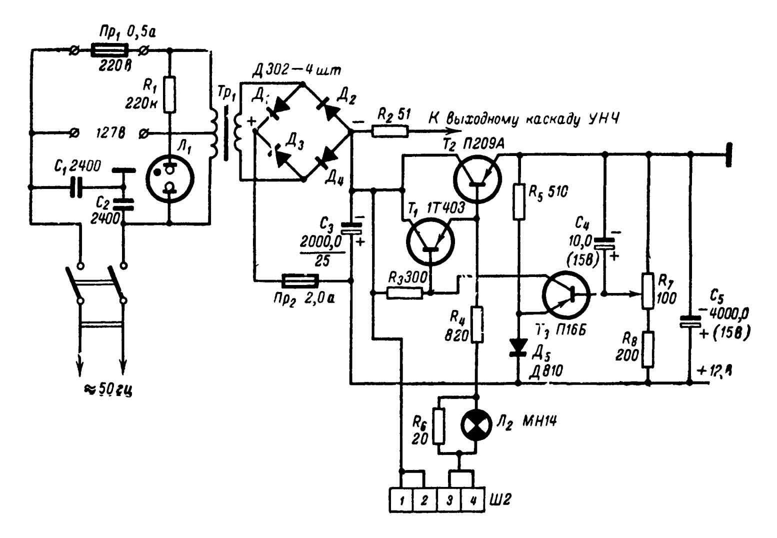


Рис. 67 Схема блока питания телевизора «Юность».

аккумулятор работает в течение 4—5 *ч*. Выходное напряжение аккумулятора при полной нагрузке равно примерно 19 *в*. Вес аккумулятора 2,3 *кг*. При питании телевизора от сети отрицательный полюс аккумулятора автоматически подсоединяется в реле заряда. Когда аккумулятор полностью заряжен, зарядное реле отключает аккумулятор. С помощью резистора R_1 регулируется ток через реле таким образом, чтобы реле отключалось при заряде аккумулятора до напряжения 26 *в*. При питании телевизора от сети переменного тока напряжение на транзисторы канала звукового сопровождения подается через сглаживающий транзисторный фильтр.

На рис. 67 приведена схема блока питания телевизора «Юность». В нем предусмотрено питание от сети переменного тока и от аккумуляторов. При питании от сети переменного тока с частотой 50 *гц* напряжение подается на силовой трансформатор. Переключение на 127 или на 220 *в* осуществляется перестановкой предохранителя *Пр*1. Со вторичной обмотки трансформатора снимается пониженное напряжение порядка 15 *в* и подается на мостик, собранный на четырех германиевых диодах Д302. Выпрямленное напряжение

подается через конденсатор C_3 для частичной фильтрации, а затем на схему стабилизации, собранную на транзисторах T_1, T_2, T_3. Выходное напряжение $12 \pm 0,15$ *в* устанавливается с помощью потенциометра R_7.

ЛИТЕРАТУРА

Акулов И. И., Баржин В. Я., Валитов Р. А. и др., Теория и расчет основных радиотехнических схем на транзисторах, Связьиздат, 1964.

Ангелов А. С., Кольцов В. Г., Телевизоры на транзисторах, «Техника кино и телевидения», 1959, № 11.

Будинский Я., Усилители низкой частоты на транзисторах, Связьиздат, 1963.

Герасимов С. М., Мигулин И Н., Яковлев В. Н. Основы теории и расчета транзисторных схем, «Советское радио», 1963.

Горюнов Н. Н. (общ ред.), Справочник по полупроводниковым диодам и транзисторам, Госэнергоиздат, 1964.

Иглицын М. И. (рсд.), Методы измерения параметров полупроводниковых приборов, пер. с англ., Оборонгиз, 1961.

Кобзев В. В. и Шишмаков В Н, Каскады радиоприемников на транзисторах, Госэнергоиздат, 1960

Леннартц Г. и Таэгер В., Конструирование схем на транзисторах, пер. с немец. Белоусова В. Н. и др., Госэнергоиздат, 1964.

Николаевский И. Ф., Эксплуатационные параметры и особенности применения транзисторов. Связьиздат, 1963.

Попов П. А., Расчет транзисторных усилителей звуковой частоты, Госэнергоиздат, 1964.

Ризкин А. А., Полупроводниковые усилители, Связьиздат, 1961.

Фельдман Л. Д., Телевизионный прием, Госэнергоиздат, 1965.

Переносный транзисторный телевизор «Юность» Описание и инструкция о пользовании, Мосгорсовнархоз, 1964.

Газнюк О., Тракт сигналов изображения, «Радио», 1965, № 7.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Цена 19 коп.